

Maatregelenpakketten KRW – Flevoland

Kosteneffectiviteit van maatregelen om de belasting van het oppervlaktewater met N, P en carbendazim te verminderen

O.A. Clevering, W. van Dijk, R.L.M Schils & H.A.E. de Werd

Praktijkonderzoek Plant & Omgeving B.V.
Akkerbouw, Groene Ruimte en Vollegrondsgroenten
oktober 2006

PPO nr.3250004-I

© 2006. Wageningen, Praktijkonderzoek Plant & Omgeving B.V.

Alle rechten voorbehouden. Niets uit deze uitgave mag worden vervaelvoudigd, opgeslagen in een geautomatiseerd gegevensbestand, of openbaar gemaakt, in enige vorm of op enige wijze, hetzij elektronisch, mechanisch, door fotokopieën, opnamen of enige andere manier zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van Praktijkonderzoek Plant & Omgeving.

Praktijkonderzoek Plant & Omgeving B.V. is niet aansprakelijk voor eventuele schadelijke gevolgen die kunnen ontstaan bij gebruik van gegevens uit deze uitgave.

Dit project is uitgevoerd binnen het BO Cluster Vitaal Landelijk Gebied, Thema water van het ministerie van Landbouw, Natuur en Voedselveiligheid

Projectnummer: 3250004-I

Praktijkonderzoek Plant & Omgeving B.V.

Akkerbouw, Groene Ruimte en Vollegrondsgroenten

Adres : Edelhertweg 1, Lelystad
: Postbus 430, 8200 AK Lelystad

Tel. : 0320 - 29 11 11

Fax : 0320 - 23 04 79

E-mail : info.ppo@wur.nl

Internet : www.ppo.wur.nl

Inhoudsopgave

SAMENVATTING.....	5
1 INLEIDING	9
1.1 Kaderrichtlijn Water	9
1.2 Emissies & landbouw	9
1.2.1 Knelpunten	9
1.2.2 Inspanningen door de landbouw	10
1.3 Doel van dit project.....	11
1.4 Leeswijzer	12
2 GEBIEDEN.....	13
2.1 Gebiedskeuze.....	13
2.2 Provinciale gebiedsdoelen	14
2.2.1 Oostrand.....	14
2.2.2 Noordwesthoek	14
2.3 Waterkwaliteit.....	14
2.3.1 Algemeen.....	14
2.3.2 Huidige emissies naar het oppervlaktewater.....	15
2.4 Agrarisch grondgebruik.....	17
3 BRONGERICHTE N- EN P-MAATREGELLEN	19
3.1 Akkerbouw	19
3.1.1 Bouwplannen	19
3.1.2 Bouwplannen voor bedrijfsberekeningen	20
3.1.3 Maatregelen	21
3.1.4 Resultaten berekeningen	24
3.2 Veehouderij	26
3.2.1 Bouwplan	26
3.2.2 Varianten.....	26
3.2.3 Resultaat.....	26
4 KOSTENEFFECTIVITEIT EFFECTGERICHTE MAATREGELLEN	31
4.1 N- en P-vrachten naar het oppervlaktewater	31
4.2 Grasbufferstroken.....	32
4.2.1 Dichtheid watergangen.....	32
4.2.2 Type bufferstrook	32
4.2.3 Effectiviteit	32
4.2.4 Kosten bufferstroken.....	32
4.3 Moerasbufferstroken en helofytenfilters	34
4.3.1 Kosten zuiveringssystemen	34
4.3.2 Belasting zuiveringssystemen	36
4.3.3 Verwijdering stikstof en fosfor.....	37
4.4 Baggeren.....	37
5 KOSTENEFFECTIVITEIT MAATREGELLEN	39
5.1 Berekenen N- en P-emissies naar oppervlaktewater	39
5.2 Stikstof.....	39
5.2.1 Noordwesthoek - Akkerbouw.....	39
5.2.2 Oostrand – Akkerbouw	40
5.2.3 Oostrand - Veehouderij	41
5.3 Fosfor.....	42
5.3.1 Noordwesthoek - Akkerbouw.....	42

5.3.2	Oostrand akkerbouw	43
5.3.3	Oostrand Veehouderij	44
5.4	Bandbreedten N en P reductie	45
6	MAATREGELEN CARBENDAZIM IN DE BOLLENTEELT	49
6.1	Algemeen.....	49
6.2	Arealen & middelgebruik.....	49
6.3	Kosteneffectiviteit maatregelen	50
6.3.1	Emissieroutes.....	50
6.3.2	Kosteneffectiviteit maatregelen per emissieroute	50
6.3.3	Vergelijk maatregelen.....	53
7	DISCUSSIE	55
7.1	Berekening effectiviteit.....	55
7.1.1	Brongerichte maatregelen	55
7.1.2	Effectgerichte maatregelen	55
7.1.3	Perspectieven effectgerichte maatregelen	56
8	CONCLUSIES & AANBEVELINGEN	57
8.1	Conclusies	57
8.2	Aanbevelingen	57
	REFERENTIES.....	59

Samenvatting

De Europese Kaderrichtlijn Water heeft als doel duurzaam gebruik van water te bevorderen en de kwaliteit van watersystemen te beschermen en waar nodig te verbeteren. Voor de ecologische kwaliteit van watersystemen is het terugdringen van emissies van nutriënten en gewasbeschermingsmiddelen een belangrijke voorwaarde voor herstel.

In 2006 is nieuw generiek mestbeleid geïmplementeerd, gericht op het gefaseerd terugdringen van de N- en P-overschotten in de landbouw. Uit het rapport 'Nutriëntenbelasting van bodem en water: verkenning van de gevolgen van het nieuwe mestbeleid' van Willems *et al.* (2005) blijkt dat het nieuwe mestbeleid leidt tot sterke afname van de bodemoverschotten, maar dat in ieder geval tot in de periode 2015-2030 de belasting van het oppervlaktewater veel minder sterk afneemt, vanwege overbemesting die in het verleden heeft plaatsgevonden. Het is daarom de vraag of het generieke mestbeleid toereikend is om óók voor de meest kwetsbare waterlichamen de ecologische doelen te behalen.

In het oppervlaktewater wordt ook een groot aantal (residuen van) gewasbeschermingsmiddelen aangetroffen. De verwachting is dat het convenant gewasbescherming tot sterke afname van emissies leidt. Problemen zijn mogelijk wel te verwachten bij het saneren van puntbronnen.

In deze studie is de kosteneffectiviteit van bron- (verminderen overschotten) en effectgerichte maatregelen (bufferstroken, moerassystemen en baggeren) om de N- en P-belasting van het oppervlaktewater te verminderen met elkaar vergeleken. Voor het bepalen van de kosteneffectiviteit van effectgerichte maatregelen is een regionale invulling vereist, immers de effectiviteit van dergelijke maatregelen wordt sterk bepaald door de lokale omstandigheden. In deze studie is gekozen voor twee kleigebieden in Flevoland. In een tweede studie zijn twee zandgebieden in Brabant verder onderzocht.

In overleg met het waterschap Zuiderzeeland (Flevoland) zijn de Noordwesthoek van de Noordoostpolder en de Oostrand van Flevoland onderzocht. De Noordwesthoek is een typisch landbouwgebied met voedselrijke brakke kwel. In dit gebied worden plaatselijk hoge carbendazimconcentraties in het oppervlaktewater aangetroffen. De Oostrand staat onder invloed van voedselarme zoete kwel. Het streven van de provincie Flevoland is om in dit gebied tot verweving van functies te komen, de landbouw komt dus minder centraal te staan.

Nutriënten

Voor akkerbouw- en veehouderijbedrijven in beide gebieden zijn representatieve bouwplannen samengesteld. De N- en P-overschotten zijn berekend bij uitvoering van het generieke mestbeleid en vergaande maatregelen. Vervolgens is de belasting van het oppervlaktewater bepaald. Het gebruikte metamodel dat de belasting van het oppervlaktewater berekend gaat uit van een nieuwe evenwichtssituatie tussen overschotten en belasting. Hierbij wordt geen rekening gehouden met de N-voorraad, maar wel met de P-voorraad in de bodem. Hierdoor wordt vooral de afname in N-belasting iets overschat. De belasting van het oppervlaktewater bij uitvoering van het generieke mestbeleid 2009 s als uitgangspunt gebruikt om de kosteneffectiviteit van effectgerichte maatregelen (bufferstroken, zuiveringsmoerassen en baggeren) door te rekenen.

Generiek mestbeleid

Het generieke mestbeleid 2009 leidt tot een sterke afname van het N-overschot voor akkerbouw op klei (zie Tabel). Dit wordt vooral veroorzaakt doordat mest niet meer in het najaar maar in het voorjaar of nazomer wordt aangewend. Voor de veehouderij zijn de verschillen veel kleiner. Het generieke mestbeleid heeft voor beide sectoren weinig effect op de P-belasting van het oppervlaktewater.

De gevolgen van het generieke mestbeleid (GM) op de N- en P-belasting van het oppervlaktewater, en de kosteneffectiviteit van maatregelen (kosten per ha landbouwgrond en per kg lagere N- en P-belasting). Voor de akkerbouw is MINAS2005A (bemesting volgens advies) als referentie beschouwd, voor de veehouderij is dit MINAS2005 (gebruik maximale ruimte).

	landbouw kosten euro/ha	Stikstof			Fosfor		
		bodem- overschot	opp. water belasting	N- kosten	bodem- overschot	opp. water belasting	P- kosten
		kg/ha	kg /ha	euro/kg	kg/ha	kg /ha	euro/kg
<i>Akkerbouw Noordwest Hoek</i>							
MINAS2005	54	166	28.3		22	1.3	
MINAS2005A	0	120	17.3	0.0	10	1.1	0.0
GM2006	18	122	17.7				
GM2009	54	100	14.0	16.4			
GM2009-vj	33	84	11.8	6.0	9	1.1	0.0
<i>Akkerbouw Oostrand</i>							
MINAS2005	37	155	27.2		17.0	1.5	
MINAS2005A	0	123	19.3	0.0	8.0	1.3	0.0
GM2006	16	128	22.5				
GM2009	32	98	14.3	6.4			
GM2009-vj	22	89	13.4	3.7	8.0	1.3	0.0
<i>Veehouderij Oostrand</i>							
MINAS2005	0	187	17.8	0.0	18.0	1.3	0.0
GM2006	61	202	20.1		1.0	1.0	203.0
GM2009	65	172	15.9	34.2	2.0	1.0	217.0

GM2009-vj is bemesting volgens advies met alleen voorjaarstoediening van dierlijke mest.

Vergaande maatregelen

Voor het doorrekenen van vergaande maatregelen is voor de akkerbouw GM2009-vj en voor de veehouderij GM2009 als uitgangspunt genomen. In onderstaande tabel is landbouwkundig gezien steeds de goedkoopste N- en P-maatregel bij verschillende belastingreductiepercentages weergegeven.

Uit deze Tabel blijkt dat in de akkerbouw nog ruimte aanwezig is om het gebruik van dierlijke mest verder terug te dringen. De kosten worden vooral veroorzaakt doordat alternatieve organische stofbronnen gebruikt moeten worden. Bij de veehouderij zijn er geen 'goedkope' oplossingen meer om door brongerichte maatregelen de belasting van het oppervlaktewater verder terug te dringen. Dit heeft vooral te maken met hoge kosten van mestafzet. Deze kosten worden voor de veehouderijsector nog hoger als de akkerbouw minder dierlijke mest gaat toepassen. Zowel voor de akkerbouw als veehouderij geldt dat voor substantiële vermindering van de belasting van het oppervlaktewater zuiveringssystemen kosteneffectief kunnen zijn.

De voor de landbouw (euro/ha) goedkoopste N- en P-maatregel, en de kosten per kg N en P (euro/kg) minder belasting per belastingreductiepercentage. Het ruimtebeslag van de moerasbufferstrook is 2,5% en van de helofytenfilter 2,5 of 5%. Voor P is de kosteneffectiviteit van de zuiveringssystemen bij verschillende vormen van beheer berekend (zie Hoofdstuk 5).

Reductie	N-maatregel	euro/ ha	euro/kg N	Reductie	P-Maatregel	euro /ha	euro/kg P
<i>Akkerbouw Noordwest Hoek</i>							
10%	gebruik vaste fractie*	-5	-5	10%	P-aanvoer = 0,5* afvoer + dierlijke mest	27	135
25%	moerasbufferstroken	163	26	20%	P-aanvoer= 0,5* afvoer + dierlijke mest	27	135
50%	helofytenfilters 5%	369	62	40%	P-uitmijning	152	380
				60%	periodiek uitgraven moerasbufferstroken	231	512
<i>Akkerbouw Oostrand</i>							
10%	gebruik vaste fractie	6	4	10%	P-aanvoer = 0,5* afvoer + dierlijke mest	40	200
25%	geen organische mest	56	19	20%	P-aanvoer = 0,5* afvoer + dierlijke mest	40	200
50%	moerasbufferstroken	269	40	40%	maaien helofytenfilters (2,5%) in september	140	194
				60%	maaien helofytenfilters (2,5%) in september	140	194
<i>Veehouderij Oostrand</i>							
10%				10%	baggeren	50	455
25%	moerasbufferstroken	93	24				
50%	helofytenfilters (5%)	229	29	40%	maaien moerasbufferstrook in september	98	250
				60%	maaien helofytenfilters (2,5%) in september	120	196

* Het gebruik van de vaste fractie van dierlijke mest in de nazomer kan goedkoper zijn dan alleen mestaanwending in het voorjaar.

Gewasbeschermingsmiddelen

In overleg met waterschap Zuiderzeeland is gekozen voor het in kaart brengen van maatregelen die de puntbelasting van carbendazim in de bollenteelt verminderen. De goedkoopste maatregel is het plaatsen van fust onderdak, minimaal 5 meter uit de sloot. De kosten zijn 314 euro/ha bollen en 9.715 euro/gram werkzame stof.

Perspectieven

In dit onderzoek zijn lang niet alle effectgerichte maatregelen doorgerekend. Het is bekend dat ook maatregelen als aanpassingen aan drainage en slootinrichting en –beheer de retentie van nutriënten in het landelijk gebied sterk kunnen verhogen. Het ontbreekt echter aan voldoende gegevens om deze maatregelen te kwantificeren. Moerasbufferstroken en helofytenfilters blijken ondanks hun ruimtebeslag kosteneffectief te zijn t.o.v. vergaande brongerichte maatregelen. Dergelijke maatregelen zijn goed combineerbaar met WB21-maatregelen en kunnen bovendien een impuls geven aan de blauwgroene dooradering van het landschap.

1 Inleiding

1.1 Kaderrichtlijn Water

De Europese Kaderrichtlijn Water heeft als doel duurzaam gebruik van water te bevorderen en de kwaliteit van watersystemen te beschermen en waar nodig te verbeteren. Voor de ecologische kwaliteit van watersystemen is vooral het terugdringen van emissies van nutriënten een belangrijke voorwaarde voor herstel.

Door waterbeheerders worden per (deel)stroomgebied maatregelenpakketten opgesteld om aan de ecologische en chemische doelen van de Kaderrichtlijn Water (KRW) te kunnen voldoen. Deze maatregelen worden opgenomen in de stroomgebiedsbeheersplannen (SGBP). Het concept SGBP dat in december 2008 gereed moet zijn, zal een volledig overzicht van (tussen)doelen en maatregelen bevatten voor de periode tot 2015. Dit jaar (2006) zal er een nationale en regionale uitwerking van doelen en maatregelen moeten komen voor een strategische Kosten Baten Analyse (KBA).

1.2 Emissies & landbouw

1.2.1 Knelpunten

Het ecologische herstel van oppervlaktewateren in Nederland vergt inspanningen op verschillende terreinen. Een belangrijk aandachtsgebied is hierbij het terugdringen van de belasting van het oppervlaktewater met schadelijke stoffen en de nutriënten fosfor en stikstof.

Nutriënten

In de kustzone en de zoute wateren vormt de belasting met stikstof het grootste probleem; voor het zoete oppervlaktewater is de belasting van het wateren met fosfor de belangrijkste factor om tot ecologisch herstel te komen. De nutriëntenvrucht van de grote Nederlandse rivieren en de kustzone is voor meer dan 75% afkomstig uit het buitenland. Hier ligt dus in eerste instantie een internationale opgave. Het terugbrengen van de belasting van regionale wateren (beken, sloten en meren) is een Nederlandse taak.

De KRW stelt ook als eis dat afwenteling zoveel mogelijk voorkomen moet worden. Er kan sprake zijn van afwenteling als door een slechte waterkwaliteit van bovenstroomse gebieden, de doelstellingen van benedenstroomse gebieden niet behaald kunnen worden. De doelen van meren kunnen dus een opgave opleggen aan beken en polders (Ligtvoet *et al.*, 2006).

In dichtbevolkte gebieden zijn belastingen met stikstof en fosfaat vooral afkomstig van Rioolwaterzuiveringsinstallaties (RWZI's). In het landelijk gebied is het overgrote deel van de nutriëntenbelasting van het oppervlaktewater afkomstig uit de landbouw. Daarnaast kan nutriëntenbelasting afkomstig zijn van kwel (vooral diep droogmakerijen), opgebouwde bodemvoorraden en mineralisatie van veen door drooglegging. Deze zijn lastiger te sturen dan het mestbeleid en RWZI's (Ligtvoet *et al.*, 2006).

Gewasbeschermingsmiddelen

Gewasbeschermingsmiddelen kunnen worden onderverdeeld in prioritaire en niet prioritaire stoffen. In Nederland vallen drie gewasbeschermingsmiddelen onder de prioritaire stoffen. De normen voor deze stoffen worden door de EU vastgesteld.

Ca. 95% van de emissies is gewasbeschermingsmiddelen is afkomstig uit de landbouw, met uitzondering van een aantal herbiciden afkomstig van verhardingen (Nota duurzame gewasbescherming tot 2010).

Voor een groot aantal stoffen worden de normen overschreden. Deze overschrijdingen hangen deels samen met nalevering door historische belasting.

1.2.2 Inspanningen door de landbouw

Nutriënten

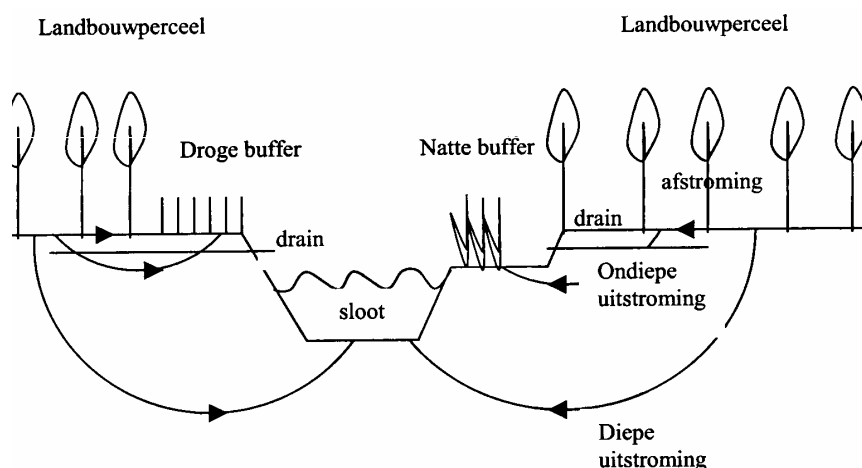
In 2006 is nieuw generiek mestbeleid geïntroduceerd, waarmee een grote stap wordt gezet richting evenwichtsbemesting. Evenwichtsbemesting houdt in dat er niet meer nutriënten worden aangevoerd dan met de oogst van gewassen worden afgevoerd. Een probleem blijft de historische vervuiling van bodems (o.a. fosfaat) nog lange tijd zal blijven nawerken. De verwachting is daarom dat de komende jaren de invloed van het generieke mestbeleid nauwelijks zal leiden tot een zichtbare verbetering van de oppervlaktewaterkwaliteit (Willems *et al.*, 2005).

*Procentuele afname van het N- en P-overschot en van de N- en P-belasting van oppervlaktewater over de jaren 2015-2030 ten opzichte van de referentie 2003 (Willems *et al.*, 2005).*

Afname van	Cultuurgrond	Zandgrond	Kleigrond	Veengrond
N-bodemoverschot (%)	31	40	26	15
N-belasting oppervlaktewater (%)	12	22	7	7
P-bodemoverschot (%)	82	83	78	133
P-belasting oppervlaktewater (%)	11	18	6	6

De grote angst van de landbouw is dat zij door eventuele verdere aanscherping van het generieke mestbeleid op grote kosten wordt gejaagd. Ter illustratie, de kosten van mestafzet buiten veehouderijbedrijven worden geschat tussen de circa 200-1300 euro per kg minder P-belasting van het oppervlaktewater (Ligtvoet *et al.*, 2005). De vraag is nu welke andere maatregelen zijn nog mogelijk?

Naast brongerichte maatregelen (maatregelen gericht op het verminderen van N- en P-overschotten) zijn er ook proces- en effectgerichte maatregelen. Procesgerichte maatregelen beïnvloeden transportroutes van verontreinigingen (drift, afspoeling en uitspoeling) naar het oppervlaktewater. Hierbij kan gedacht worden aan aanpassingen aan stroombanen (ontwatering) en bufferstroken. Effectgerichte maatregelen zijn maatregelen die in waterlopen kunnen worden genomen. In deze rapportage worden proces- en effectgerichte maatregelen gezamenlijk effectgerichte maatregelen genoemd. Deze maatregelen verhogen de retentie van nutriënten in het landelijk gebied.



Figuur 1.1. Emissieroutes van verontreinigingen, via afspoeling (erosie) en uitspoeling en mogelijkheden voor inrichtingsmaatregelen (bufferstroken, sloten en ontwatering). Emissieroutes via de lucht (drift) zijn in deze figuur niet opgenomen

Gewasbeschermingsmiddelen

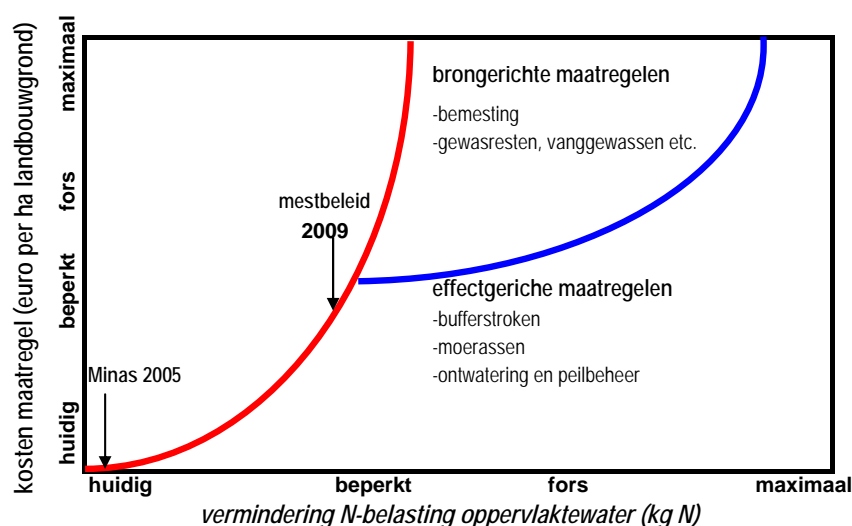
Wat betreft het terugdringen van emissies van prioritair stoffen zet Nederland in op het gemeenschappelijk beleid. Dit omdat maatregelen op nationaal niveau niet of nauwelijks effectief zijn vanwege historische belasting, aanvoer vanuit het buitenland of technische onhaalbaarheid. De door de Europese Commissie op te stellen richtlijn voor prioritair (gevaarlijke) stoffen moet uitvoerbaar, handhaafbaar en kosteneffectief zijn. De richtlijn moet een efficiënte invulling geven aan het subsidiariteitsbeginsel en tot haalbare en betaalbare maatregelen leiden.

Voor de niet prioritair stoffen wordt ingezet op het bestaande toelatings- en emissiereductiebeleid, uitgaande van een voldoende hoog nalevingsniveau. De maatregelen zijn opgenomen in het convenant gewasbescherming dat in 2010 moet leiden tot reductie van de milieubelasting van 95% t.o.v. 1998 (Nota duurzame gewasbescherming tot 2010).

Kosteneffectiviteit van maatregelen

De afgelopen decennia is er veel onderzoek verricht naar de kosteneffectiviteit van emissiereducerende maatregelen (zie o.a. Best Practises Bemesting en Gewasbescherming; van der Schoot *et al.*, 2004). Daarentegen is er veel minder bekend over de kosteneffectiviteit van effectgerichte maatregelen, zie o.a. Noij (2003), van Beek *et al.* (2003) en Clevering *et al.* (2004). Wat betreft nutriënten wordt in deze studie vooral aandacht besteed aan het kwantificeren van effectgerichte maatregelen. De achterliggende gedachte hierbij is dat dergelijke maatregelen kosteneffectief kunnen zijn ten opzichte van vergaande brongerichte maatregelen (zie Figuur 1.2). Wat betreft gewasbeschermingsmiddelen wordt verwacht dat brongerichte maatregelen afdoende zullen zijn.

Omdat de kosteneffectiviteit van effectgerichte maatregelen sterk afhankelijk zijn van lokale omstandigheden is het belangrijk om in nauw overleg met waterbeheerders tot regio-specifieke maatregelenpakketten te komen.



Figuur 1.2. **Theoretische benadering kosteneffectiviteit van maatregelen. De verwachting is dat effectgerichte maatregelen kosteneffectiever zijn dan vergaande brongerichte maatregelen.**

1.3 Doel van dit project

Het project heeft tot doel om de kosteneffectiviteit te bepalen van regio-specifieke maatregelen om aan KRW-doelstellingen te kunnen voldoen. Voor nutriënten is het een belangrijke neven-doelstelling om de kosteneffectiviteit van effectgerichte maatregelen zo goed mogelijk af te zetten tegen die van brongerichte

maatregelen.

In dit rapport wordt de kosteneffectiviteit van landbouwmaatregelen in twee deelgebieden gepresenteerd: Oostrand van Oostelijk en Zuidelijk Flevoland en de Noordwesthoek van de Noordoostpolder. In een tweede rapport de resultaten van twee deelgebieden in de provincie Noord-Brabant.

1.4 Leeswijzer

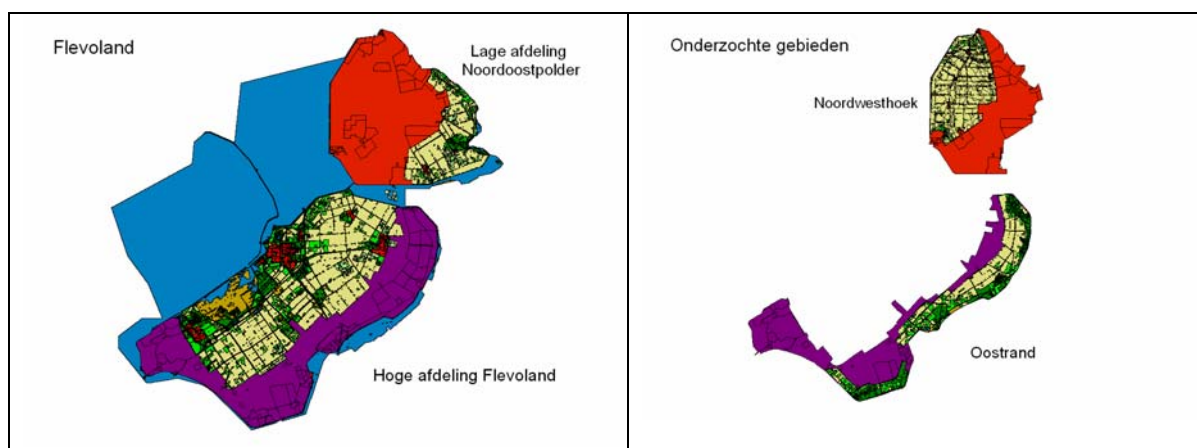
Hoofdstuk 2 geeft een beschrijving van de gebieden, zowel wat betreft waterbeheer als landgebruik. Hoofdstuk 3 en 4 behandelen resp. bron- en effectgerichte N- en P- maatregelen in de akkerbouw en veehouderij. Hoofdstuk 5 combineert de resultaten van de voorgaande hoofdstukken. In Hoofdstuk 6 wordt ingegaan op het verminderen van carbendazimemissies in de bollenteelt. In hoofdstuk 7 worden de resultaten van de voorgaande hoofdstukken bediscussieerd. Hoofdstuk 8 geeft conclusies en aanbevelingen.

2 Gebieden

2.1 Gebiedskeuze

Het beheersgebied van waterschap Zuiderzeeland is opgedeeld in vijf peilgebieden. In de Noordoostpolder zijn drie peilgebieden: Hoge Afdeling (NAP -4,50 m), Lage Afdeling (NAP -5,70 m) en Tussenafdeling (NAP -5,00 m). Oostelijk en Zuidelijk Flevoland kennen in totaal twee peilgebieden: Hoge Afdeling (NAP -5,20 m) en Lage Afdeling (NAP -6,20 m).

In overleg met het waterschap Zuiderzeeland zijn twee gebieden uitgekozen: de Noordwesthoek gelegen binnen de Lage Afdeling van de Noordoostpolder (NOP) en de Oostrand gelegen binnen de Hoge Afdeling van Flevoland (Figuur 2.1).



Figuur 2.1. **De hoge afdeling in Flevoland (paars) en de lage afdeling Noordoostpolder (rood), en de Noordwesthoek gelegen in de lage afdeling van de Noordoostpolder en de Oostrand gelegen binnen de hoge afdeling van Flevoland.**

De Lage Afdeling van de NOP bestaat voor 86% uit agrarisch gebied, de Noordwesthoek zelfs voor 94% (Tabel 2.1). Het aandeel agrarisch gebied in het grondgebruik van de Hoge Afdeling van Flevoland is lager, namelijk 60% voor het gehele gebied en 68% voor de Oostrand. In de Oostrand komt naast akkerbouw en veehouderij, veel bos voor. Zowel de Noordwesthoek als de Oostrand weerspiegelt redelijk goed het grondgebruik in resp. de Lage Afdeling van de NOP en Hoge Afdeling van Flevoland.

Tabel 2.1. **Totale oppervlakte (ha) en grondgebruik (%) in de verschillende (deel)gebieden, gegevens LGN4.**

	Lage afdeling NOP		Hoge afdeling Flevoland	
	Gehele gebied	Noordwesthoek	Gehele gebied	Oostrand
totale oppervlakte	34823 ha	16165 ha	39121 ha	18360 ha
<i>Grondgebruik</i>	(%)	(%)	(%)	(%)
veehouderij	8,3	8,6	17,6	20,5
akkerbouw	77,2	85,3	42,5	46,2
boomgaard	0,5	0,3	0,2	0,0
loofbos	3,0	0,4	22,2	21,0
naaldhout	1,8	0,1	2,3	4,1
open vegetatie	0,5	0,0	3,2	2,2
kale bodem	0,0	0,0	0,3	0,0
open water	1,2	0,8	3,1	1,7
bebouwing	4,8	2,4	5,1	1,3
infrastructuur	2,8	1,9	3,6	3,0

2.2 Provinciale gebiedsdoelen

2.2.1 Oostrand

De Oostrand wordt ontwikkeld tot een verwevingszone waarin de (potentiële) kwaliteiten van natuur, water en landschap op harmonieuze wijze worden gecombineerd met landbouw, een sterke toeristische sector en beperkte mogelijkheden voor landelijk wonen. Vanwege de bestaande goede waterkwaliteit in de verwevingsgebieden zullen vanuit de Europese Kaderrichtlijn Water in 2009 nog nader vast te stellen strenge normen voor de waterkwaliteit worden gesteld. (zie paragraaf 2.3) Hierop vooruitlopend zullen in deze gebieden duurzame vormen en innovatie van landbouw worden gestimuleerd (Hoofddijnnota Omgevingsplan 2006, Provincie Flevoland).

2.2.2 Noordwesthoek

In de landbouwkerngebieden zullen de belangen van de landbouwsector steeds een zwaar gewicht krijgen. In de Noordwesthoek is in principe geen ruimte voor activiteiten die de landbouwontwikkeling kunnen belemmeren (Hoofddijnnota Omgevingsplan 2006, Provincie Flevoland). Mogelijk zullen hier in de toekomst minder strenge oppervlaktewaternormen gesteld worden dan in de Oostrand (zie paragraaf 2.3).

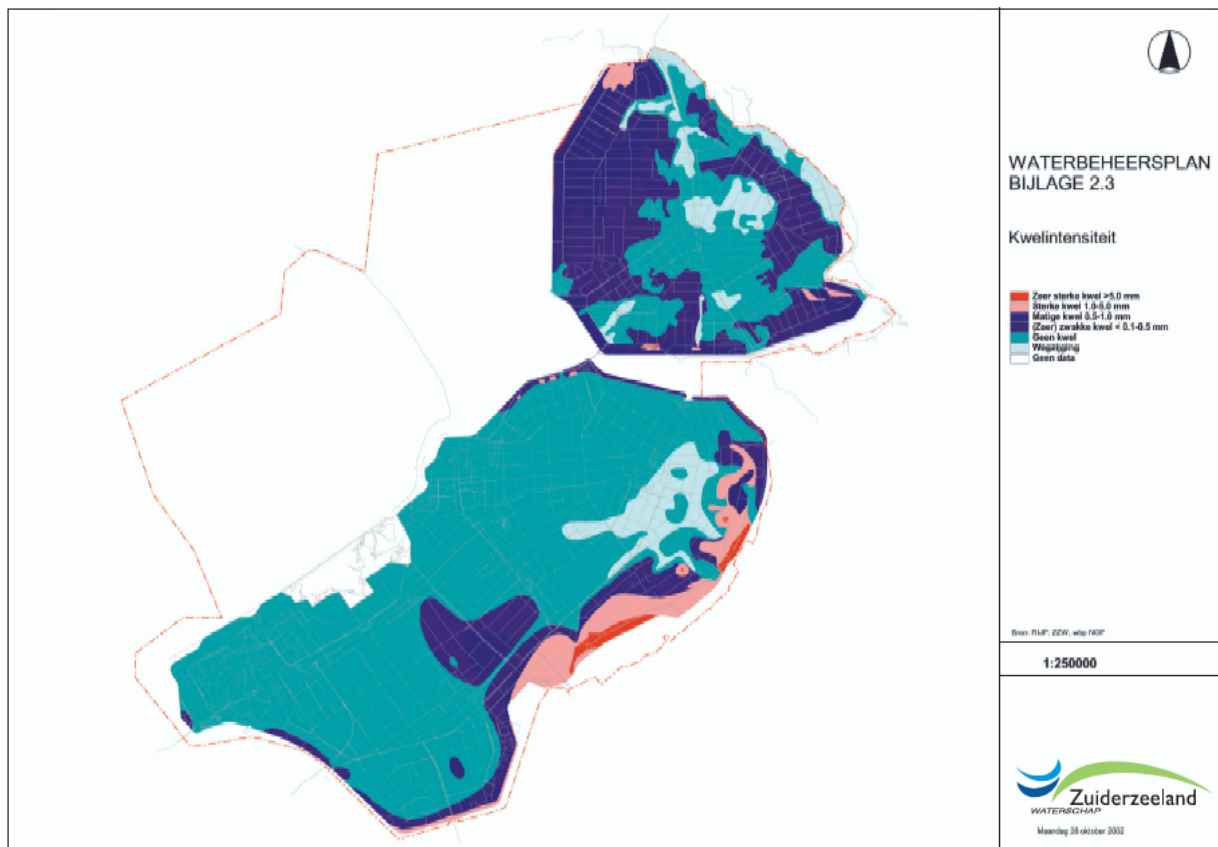
2.3 Waterkwaliteit

2.3.1 Algemeen

De navolgende beschrijving van de waterkwaliteit is afkomstig uit het Waterbeheersplan 2002-2005 van het waterschap Zuiderzeeland.

De waterkwaliteit wordt sterk bepaald door regionale kwel. Deze komt uit twee richtingen vanuit het 'oude land' en vanuit het IJsselmeergebied. In de Oostrand van Oostelijk en Zuidelijk Flevoland komt zoete kwel vanuit het Veluwe-massief en het Drents Plateau terecht in drainagesystemen in het landbouwgebied en in de diepliggende tochten en vaarten. De kwaliteit varieert. Het meeste grondwater komt vanuit relatief ondiepe grondwatersystemen en is vaak ijzerrijk, grondwater afkomstig vanuit diepe systemen is overwegend goed (zoet en schoon water afkomstig van de heuvelruggen).

Meer naar het midden en westen van de Flevopolders en de Noordoostpolder is er sprake van kwel afkomstig van het IJsselmeergebied. De kwaliteit van het IJsselmeerwater en aanwezige bodemlagen (Zuiderzee-afzettingen) maken dat deze kwel een mindere kwaliteit heeft (relatief voedselrijk en licht brak).



Figuur 2.2. **Kwelintensiteit in de provincie Flevoland.**

In het overgrote deel van de Flevopolders voldoet de waterkwaliteit momenteel grotendeels niet aan de MTR-waarden. De volgende probleemstoffen zijn te onderscheiden: fosfaat, stikstof, chloride, sulfaat, zware metalen, PAK en bestrijdingsmiddelen. Stikstof en fosfaat zijn zogenaamde ecologie ondersteunde stoffen. Voor fosfaat wordt de norm op 184 van de 347 locaties overschreden; voor stikstof op 196 van de 347 locaties. Kwel en bodemrijping kunnen onder meer voor chloride, ijzer, fosfaat, stikstof en zuurstof het bereiken van de huidige MTR-waarden in de weg staan.

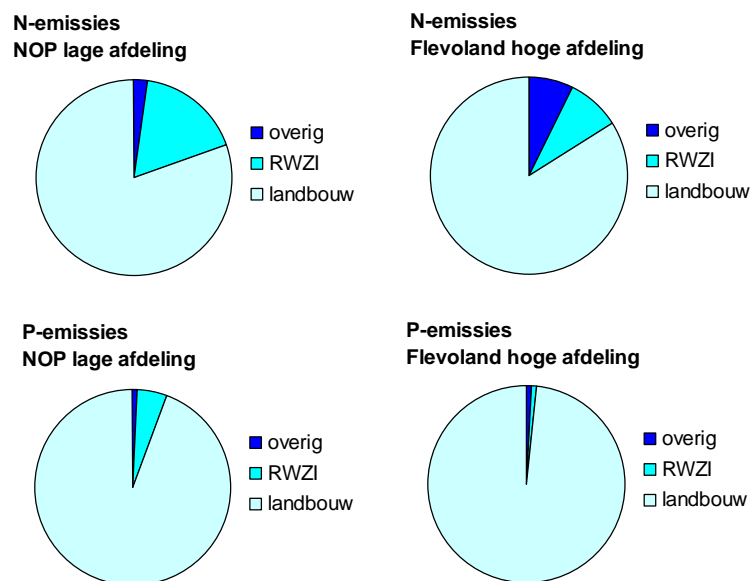
De tochten die het pleistocene zandpakket aansnijden (met name in de oostelijke rand van Oostelijk en Zuidelijk Flevoland) hebben een relatief goede waterkwaliteit.

Vanwege de grote verschillen in waterkwaliteit door natuurlijke beïnvloeding is door de Provincie en Waterschap gestart met het bepalen van gebiedsspecifieke waterkwaliteitsnormen. De provincie Flevoland zet daarbij in op een saldobenadering. Dit betekent dat als schone gebieden schoon blijven en wellicht schoner worden, waarbij per saldo ruimte kan ontstaan om in de van nature minder schone gebieden, die wel aan de normen voldoen, maatregelen achterwege te laten en een geringe achteruitgang van de waterkwaliteit toe te staan (Hoofdlijnnota Omgevingsplan 2006, Provincie Flevoland). Vooralsnog blijkt echter het onderscheid tussen menselijke en natuurlijke beïnvloeding nog onvoldoende scherp te maken is om hierop andere normen te baseren.

2.3.2 Huidige emissies naar het oppervlaktewater

Emissies N en P

Uit gegevens van het Emissieregistratie collectief blijkt dat in de beide afwateringsgebieden het overgrote deel van de N- en P-emissies uit de landbouw afkomstig is (Figuur 2.3). Daarnaast is de belasting afkomstig van riooloverstorten en inwaaien van stoffen van verharde oppervlakten.



Figuur 2.3. **Relatief aandeel (%) van de verschillende bronnen in de N- en P-belasting van het oppervlaktewater voor de Lage Afdeling van de Noordoostpolder en de Hoge Afdeling van Flevoland (Gegevens ER-collectief, 2002).**

De belasting uit de landbouw is in Tabel 2.2 gegeven. De belasting is zowel berekend op basis van het gehele oppervlak als op basis van het landbouwareaal van de desbetreffende onderzoeksgebieden.

Tabel 2.2. **N- en P-emissies (kg/ha) naar het oppervlaktewater berekend op basis van het gehele oppervlakte van de verschillende peilgebieden en teruggerekend naarr het areaal landbouwgrond (Gegevens ER-collectief, 2002).**

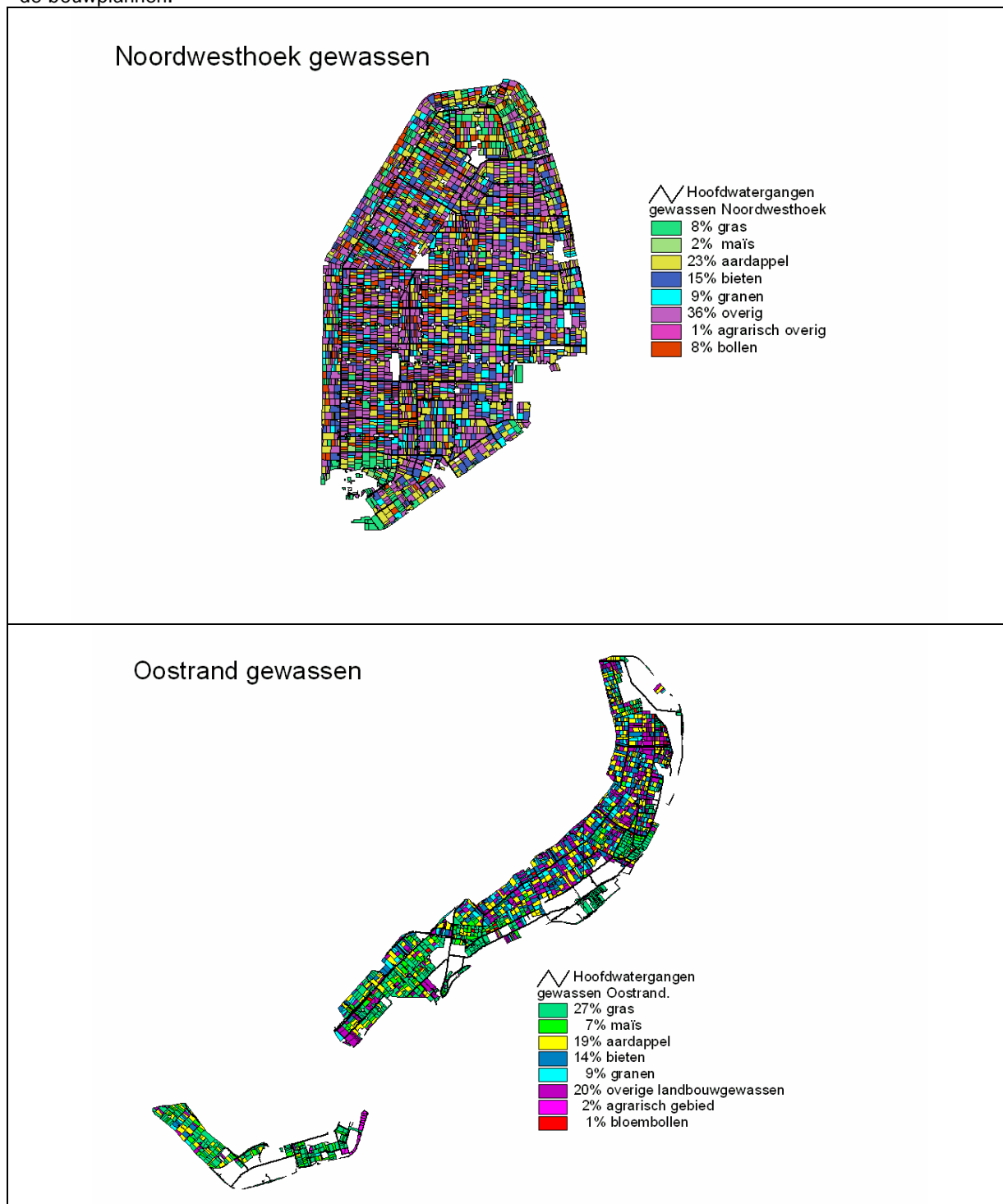
	N kg/ha		P kg/ha	
	NOP	Flevo	NOP	Flevo
totaal oppervlak	22,1	14,4	2,6	1,2
landbouwareaal	26,1	24,1	3,0	2,1

Emissies van bestrijdingsmiddelen

Van de prioritaire stoffen komt diuron op 2 van de 27 locaties voor; tributyltin op één van de vijf locaties. Beide middelen zijn niet meer toegelaten. Van de overige verontreinigde stoffen wordt carbendazim verreweg het meest aangetroffen. Dit middel overschrijdt op 14 van de gemeten locaties de norm. Sporadisch komen overschrijdingen van linuron, malathion, MCPA, metolachloor, pirmicarb, propaxur en trifenyltin. In overleg met het waterschap Zuiderzeeland zijn alleen maatregelen om emissies van carbendazim te verminderen doorgerekend.

2.4 Agrarisch grondgebruik

De gewasarealen zijn gegeven in Figuur 2.4. In de Noordwesthoek bestaat is 10% (gras + snijmais) van het agrarisch grondgebruik uit veehouderij; verder is het areaal bloembollen aanzienlijk. In de Oostrand is 34% van het grondgebruik veehouderij; het areaal bloembollen is hier slechts 1%. Hoofdstuk 3 gaat verder in op de bouwplannen.



Figuur 2.4. Arealen (%) van de verschillende landbouwgewassen in de Noordwesthoek en Oostrand (Gegevens LGN4).

3 Brongerichte N- en P-maatregelen

3.1 Akkerbouw

3.1.1 Bouwplannen

In Tabel 3.1 zijn de relatieve gewasarealen van de belangrijkste gewassen weergegeven. Hierbij zijn de volgende uitgangspunten gehanteerd:

- Hoofdindeling (aardappelen, suikerbieten, graan, bloembollen, overig) volgens LGN. Bij de groep overig is ervan uitgegaan dat deze volledig betrekking heeft op akker- en tuinbouwgewassen.
- Onderverdeling hoofdgroepen in LGN met behulp van BRP- en CBS-gegevens. Laatstgenoemde gegevens zijn gebruikt t.b.v. onderverdeling van de BRP-groepen groenten en bloembollen. De gebruikte CBS-gebieden (gemeente Noordoostpolder voor Noordwesthoek, gemeenten Dronten en Zeewolde voor Oostrand) zijn wel ruimer dan de betreffende gebieden in deze studie.

De volgende zaken vallen op:

- Wat betreft aardappelen worden in de Noordwesthoek vooral pootaardappel geteeld en in de Oostrand vooral consumptieaardappelen.
- Bij de overige gewassen gaat het in de Noordwesthoek vooral om tulp, winterpeen, witlofwortel, uien en graszaad, in de Oostrand vooral om uien, erwten en winterpeen.
- In de Noordwesthoek wordt intensiever geteeld (minder graan, meer tuinbouw) dan in de Oostrand.

Tabel 3.1. **Relatieve gewasarealen (%) Noordwesthoek en Oostrand.**

	Noordwesthoek	Oostrand
Pootaardappel	21,5	8,1
Consumptieaardappel	3,7	22,1
Suikerbieten	16,4	22,1
Wintertarwe	6,0	11,3
Zomertarwe	2,4	2,9
Zomergerst	1,3	0,6
Tulp	5,5	0,9
Lelie	1,4	0,0
Gladiool	1,0	0,0
Winterpeen	4,4	1,5
Witlofwortel	4,2	0,5
Zaaiui	2,8	8,0
Plantui	2,1	1,3
Zilverui	1,5	1,4
Erwten	0,1	2,8
Stamslabonen	0,0	1,0
Graszaad	3,4	0,8
Braak	3,9	2,7
Overig	18,4	11,9

3.1.2 Bouwplannen voor bedrijfsberekeningen

Voor de berekeningen betreffende maatregelenpakketten zijn er ruwweg twee opties mogelijk:

- Uitgaan van een regionaal bouwplan met de gewasaandelen zoals weergegeven in Tabel 3.1. Bij deze optie wordt geen rekening gehouden met het passend zijn van bouwplannen, ook worden meer gewassen betrokken dan doorgaans worden geteeld op bedrijven. Ook het doorrekenen van bedrijfsmatige maatregelen is lastiger. Voordeel is dat berekende nutriëntenoverschotten beter kunnen worden doorvertaald naar een gebiedsbelasting.
- Uitgaan van representatieve bouwplannen (modelbedrijven) Bij deze optie wordt gewerkt met passende, logische bouwplannen gebaseerd op de belangrijkste gewassen die in een gebied worden geteeld. Voordeel hiervan is dat de bouwplannen herkenbaar zijn en dat bedrijfsmatige maatregelen beter kunnen worden doorgerekend. De vertaling van nutriëntenoverschotten naar gebiedsbelasting is minder direct dan bij de eerste optie. Gezien het feit dat de belangrijkste gewassen wel in het bouwplan zitten is dit waarschijnlijk niet een groot probleem.

Vooraf vanwege de argumenten van herkenbaarheid en het gemakkelijker kunnen doorrekenen van bedrijfsmatige maatregelen wordt voorgesteld te kiezen voor het werken met modelbedrijven (optie 2).

Modelbedrijven

Voor het Centrale Zeekleigebied is in eerdere modelstudies gebruik gemaakt van een tweetal modelbedrijven. De bouwplansamenstelling is weergegeven in Tabel 3.2. Bedrijf CZK1 lijkt redelijk te passen voor de Noordwesthoek, bedrijf CZK2 voor de Oostrand. Wel is het aandeel graan (25%) op de modelbedrijven hoger dan het aandeel graan in het akker- en tuinbouwareaal volgens Tabel 3.1.

Tabel 3.2. **Bouwplansamenstelling (%) van twee modelbedrijven (CZK1 en CZK2) in het Centraal Zeekleigebied.**

	CZK1 Noordwesthoek	CZK2 Oostrand
Pootaardappel	25	0
Consumptieaardappel	0	25
Wintertarwe	25	25
Suikerbieten	12,5	25
Tulp	12,5	0
Winterpeen	12,5	0
Zaaiui	12,5	12,5
Erwten	0	12,5

In Tabel 3.3 is ter oriëntatie de N-behoefte, -afvoer en -overschot weergegeven van zowel het regionale bouwplan (Tabel 3.1) en het modelbedrijf (standaardbouwplan, Tabel 3.2). Tevens is de P-afvoer met het marktbaar product weergegeven. Omdat de P-aanvoer samenhangt met de P-afvoer (bodemgericht advies) is hier volstaan met de P-afvoer van de bouwplannen.

Wat betreft N-overschot is het regionale bouwplan redelijk vergelijkbaar met het standaardbouwplan. In de Noordwesthoek bedraagt het verschil 7 kg N per ha, terwijl in de Oostrand de overschotten vergelijkbaar waren. De P_2O_5 -afvoer is in de standaardbouwplannen 3-6 kg per ha hoger.

Tabel 3.3. **N-behoefte, N-afvoer met marktbaar product, N-overschot (allen in kg N ha⁻¹) en P-afvoer (kg P₂O₅ ha⁻¹) bij het regionale bouwplan en het standaardbouwplan.**

	Noordwesthoek		Oostrand	
	Regionaal	Standaard	Regionaal	Standaard
N-behoefte	142	158	168	174
N-afvoer	109	130	127	134
N-overschot	34	27	40	40
P ₂ O ₅ -afvoer	42	48	48	51

3.1.3 Maatregelen

Mogelijke maatregelen

In Tabel 3.4 is een opsomming van maatregelen gegeven die kunnen worden toegepast op akkerbouw- en vollegrondsgroentebedrijven om N- en P-verliezen te beperken (Best Management Practices, bemesting). Per maatregel is aangegeven of deze betrekking heeft op stikstof, fosfaat of beide en of de maatregel een bijdrage kan leveren in de Noordwesthoek of Oostrand.

Dit laatste hangt sterk af van de effectiviteit van de maatregel zelf, de toepasbaarheid (o.a. in hoeverre de maatregel al wordt toegepast) en de bouwplannen.

Tabel 3.4. **Overzicht brongerichte maatregelen. Codering: 0=geen bijdrage; +=enigszins; +=+ redelijk; +++= grote bijdrage in het verminderen van bodemoverschotten.**

Maatregel	N	P	Perspectief NW-hoek/Oostrand
<i>Omvang N/P-bemesting</i>			
➤ Hantering gewasgerichte adviezen (Nmin-richtlijnen, Pw-afhankelijke P-bemesting)	X	X	++
➤ Inrekenen nawerking organische mest, groenbemesters en oogstresten	X	X	++
➤ Inspelen op N-mineralisatieniveau van bodem	X		+
➤ Suboptimaal bemesten	X	X	+++
<i>Tijdstip N-bemesting</i>			
➤ Voorjaarstoediening dierlijke mest (klei)	X		+++
➤ Geleide bemesting (aardappelen)	X		++
<i>Plaatsing van meststoffen</i>			
➤ Rijenbemesting	X	X	0
➤ Plantgatbemesting	X	X	0
➤ Fertigatie	X	X	0/+
<i>Meststofkeuze</i>			
➤ Soort organische mest (nutriëntengehalte i.r.t. gewas- en eos-behoefte)			
• Keuze soort onbewerkte dierlijke mest	X	X	+
• Toepassing producten mestbewerking	X	X	++
• Toepassing mineraalarme composten	X	X	+
➤ Soort kunstmest (vast, vloeibaar, slow release meststoffen, nitrificatieremmers)	X		0
➤ Verdeling organische mest en kunstmest	X	X	+++
<i>Teeltmaatregelen</i>			
➤ Rassenkeuze	X	X	0
➤ Optimaliseren vochtvoorziening (berekening)	X	X	0/+
<i>Post-harvest maatregelen</i>			
➤ Inzaai vanggewassen	X		++
➤ Inwerken koolstofrijke gewasresten (bv. graanstro)	X		0/+
➤ Gebruik nitrificatieremmers	X		0
➤ Verwijderen N-rijke oogstresten (bietenblad)	X		++
<i>Bedrijfstechnische maatregelen</i>			
➤ Gewasvolgorde	X		0/+
➤ Vervanging 2 ^e teelt door vanggewas	X		0
➤ Vervanging N- resp. P-behoefte door minder N- resp. P-behoefte gewassen	X	X	++
➤ Menging van bedrijven op regionaal niveau (bv. Akkerbouw- en groentenbedrijf)	X	X	

Toegepaste maatregelen

Generiek mestbeleid (varianten 1 t/m 7)

Allereerst zijn de gevolgen van het generieke mestbeleid doorgerekend. Het gaat om de volgende varianten:

Ontwikkeling mineralenbeleid

1. Minas 2005 (N/P-ruimte maximaal gebruiken)
2. Minas 2005 (bemesting volgens adviesrichtlijnen)
3. Gebruiksnorm 2006 (N/P-ruimte maximaal gebruiken)
4. Gebruiksnorm 2006 (bemesting volgens adviesrichtlijnen)
5. Gebruiksnorm 2009 (N/P-ruimte maximaal gebruiken)
6. Gebruiksnorm 2009 (bemesting volgens adviesrichtlijnen, dierlijke mest in voorjaar)

7. Gebruiksnorm 2009 (bemesting volgens adviesrichtlijnen, dierlijke mest in voorjaar+najaar)

De varianten 1 t/m 7 hebben betrekking op de ontwikkeling van het huidige mineralenbeleid. Als referentie kan de situatie in 2005 worden beschouwd (Minas 2005). In 2006 is Minas vervangen door een stelsel van gebruiksnormen. Er zijn berekeningen uitgevoerd bij de normstelling in 2006 (huidige situatie) en die in 2009. Tabel 4.5 geeft de meest relevante kengetallen. In 2006 bevindt de N-gebruiksnorm zich 10% boven het bemestingsadvies, in 2006 is deze daaraan gelijk. De wettelijke N-werkingscoëfficiënt (NWC) van drijfmest stijgt in geval van najaarstoediening van 30% in 2006 tot 60% in 2009 (gelijk aan NWC voorjaarstoediening). De P-gebruiksnorm daalt van 95 kg P₂O₅ per ha in 2006 tot 80 kg P₂O₅ per ha in 2009.

Bij de varianten Minas 2005 en gebruiksnorm 2006 en 2009 is onderscheid gemaakt tussen maximale opvulling van de N/P-ruimte en bemesting volgens adviesrichtlijnen (Goede Landbouwkundige Praktijk, GLP). Eerstgenoemde varianten zijn meegenomen om de maximale N/P-belasting binnen de wettelijke normen in kaart te brengen. Bij de GLP-varianten wordt uitgegaan van bemestingsadviezen en wordt tevens rekening gehouden met de N-nawerking uit groenbemesters en gewasresten volgens de vigerende richtlijnen.

Tabel 3.5. **Kengetallen mineralenbeleid in 2006 en 2009.**

	N-gebruiksnorm (kg werkzame N per ha)	N-werkingscoëfficiënt (%) drijfmest		P-gebruiksnorm (kg P ₂ O ₅ per ha)
		Najaar	Voorjaar	
2006	Advies + 10%	30	60	95
2009	Advies	60	60	80

Aanvullende N-maatregelen (varianten 8 t/m 14)

Aanvullend op scenario 6 is een aantal maatregelen doorgerekend zoals het toepassen van NBS bij aardappelen en het telen van een vanggewas (onbemeste groenbemester). Tevens is nagegaan wat de effecten zijn wanneer drijfmest wordt vervangen door de vaste fractie van varkensdrijfmest bij een gelijkblijvende totale P-aanvoer op de bedrijven. Voorts is ook een situatie doorgerekend zonder gebruik van dierlijke mest. Ten slotte zijn de effecten van het afvoeren van N-rijke gewasresten (suikerbiet en erwten) en suboptimale N-bemesting in kaart gebracht. Laatstgenoemde maatregelen kunnen worden beschouwd als verdergaande (hoge kosten respectievelijk opbrengstderving) terwijl de eerdergenoemde maatregelen kunnen worden aangemerkt als meer acceptabel. Bij alle scenario's blijft de P-aanvoer op het niveau van variant 6.

8. NBS aardappelen
9. vanggewassen
10. gebruik vaste fractie in de nazomer
11. geen organische mest
12. afvoeren gewasrest (suikerbiet + conservenerwt)
13. suboptimale N-bemesting (-10%)
14. suboptimale N-bemesting (-20%)

Aanvullende P-maatregelen (varianten 15 t/m 17)

Dit betreft vooral het verlagen van de P-aanvoer. Hierbij zullen ook de gevolgen op de langere termijn worden meegenomen (verloop fosfaattoestand van de bodem). Als onder advies wordt bemest is een opbrengstderving ingerekend. Bij de variant waarbij de P-aanvoer wordt verlaagd tot het niveau van de halve afvoer is onderscheid gemaakt tussen een subvariant waarbij de dierlijke mestinzet blijft gehandhaafd en een subvariant waarbij geen dierlijke mest meer wordt gebruikt. Bij laatstgenoemde variant wordt alleen met kunstmest bemest en kan de beschikbare P vaak wat beter worden verdeeld over de gewassen waardoor de opbrengstderving wat geringer is.

15. P-aanvoer = 0,5 * afvoer (dierlijke mestinzet handhaven)
16. P-aanvoer = 0,5 * afvoer (geen dierlijke mest)
17. P-aanvoer = 0

Verdere uitgangspunten berekeningen

- De inzet van dierlijke mest bedraagt circa 80 kg N per ha (ruim 45 kg P₂O₅ per ha). In de referentie (Minas 2005) wordt deze volledig in het najaar ingezet na de oogst van de wintertarwe in combinatie met een groenbemester.
- De aanvullende kunstmestgiften zijn berekend op basis van de huidige bemestingsadviezen volgens de adviesbasis. Na het onderwerken van een groenbemester en bietenblad is uitgegaan van een N-nawerking van 30 kg N per ha.
- Het graanstro wordt afgevoerd en verkocht.
- Bij de organische stofvoorziening is uitgegaan van een minimale aanvoer van 1350-1400 kg effectieve organische stof (eos) per ha op bedrijfsniveau. Wanneer door verlaging van de dierlijke mestinzet daaraan niet meer wordt voldaan worden extra groenbemesters gezaaid (indien mogelijk) en/of er wordt minder stro afgevoerd.

3.1.4 Resultaten berekeningen

In Tabel 3.6. staan de belangrijkste uitkomsten van de berekeningen weergegeven. Hieronder volgt een korte toelichting.

Ontwikkelingen mineralenbeleid (varianten 1 t/m 7)

In situaties waarbij de normen worden opgevuld daalt het overschot in de periode 2005-2009 als gevolg van aanscherping van het mineralenbeleid. Uitgaande van GLP zijn de verschillen geringer omdat de maximale ruimte niet nodig is. Door de ruime gebruiksnorm in 2006 (+10%) is er nog steeds ruimte de mest in de nazomer toe te dienen. Randvoorwaarde hierbij is wel dat de groenbemester vóór 1 september wordt gezaaid en goed slaagt.

In 2009 is de herfsttoediening niet meer mogelijk door aanscherping van het beleid (lagere gewasgebruiksnorm, hogere wettelijke NWC). Er zijn twee varianten doorgerekend. Bij de eerste variant (variant 6) wordt de mest volledig in het voorjaar toegediend (bij tarwe). Dit levert een relatief sterke verlaging op van het N-overschot (35 kg N per ha) door een hogere N-werking en door een lagere mestinzet op bedrijfsniveau. Dat laatste komt doordat de mestgift aan een maximum is gebonden bij toediening in het voorjaar bij graan. Hierdoor stijgen de kosten met €20-€35 door hogere kunstmestkosten (P,K) en bij CZK1 door extra kosten voor groenbemesters om de eos-aanvoer op peil te houden.

Een alternatief voor volledige voorjaarstoediening is een combinatie van toediening in het voorjaar (bij tarwe) en in de nazomer (na de tarwe i.c.m. een groenbemester) (variant 7). Dit geeft wel een hoger N-overschot maar de kosten zijn wel lager.

Aanvullende maatregelen N (varianten 8 t/m 14)

In vergelijking met de 'referentie' (GN 2009 I, variant 6) kan met gangbare maatregelen (NBS, vanggewassen, vaste fractie en geen mest) het N-overschot met 0-25 kg N per ha worden verlaagd. Het meest effectief zijn gebruik van vaste fractie i.p.v. onbewerkte mest (circa 10 kg N per ha) en geen mest meer gebruiken (circa 10-25 kg N per ha). Laatstgenoemde maatregel leidt wel tot een kostenstijging van €55-€65 per ha door extra kunstmestkosten en extra groenbemesters en/of stro achterlaten. Stro inwerken was alleen nodig op bedrijf CZK1. Hierdoor is het effect op verlaging van het N-overschot geringer doordat de N-afvoer wordt verlaagd en er extra N-bemesting is ingerekend voorafgaand aan de zaai van de groenbemester (ter compensatie N-vastlegging stro).

Het toepassen van NBS is alleen toegepast bij consumptieaardappelen op bedrijf CZK2. Het N-overschot werd met circa 5 kg N per ha verlaagd. De hieruit voortvloeiende kostenstijging zijn verwaarloosbaar. De inzaai van een vanggewas levert een vergelijkbare verlaging van het N-overschot terwijl de kosten circa €5-€10 per ha bedragen t.o.v. de referentie.

Het afvoeren van gewasresten die veel N bevatten (suikerbieten en doperwt) leidt op bedrijf CZK1 en CZK2 tot een verlaging van het N-overschot van respectievelijk 5 en 35 kg N per ha. De verschillen ontstaan doordat op bedrijf CK1 het aandeel suikerbiet en erwten slechts 12,5% en op bedrijf CZK2 37,5% bedraagt. Een deel van het voordelig effect wordt teniet gedaan doordat er uit oogpunt van een voldoende organische stofvoorziening op een deel van tarweland stro moet worden ondergewerkt en er tevens extra bemeste groenbemesters moeten worden geteeld (dit is vooral het geval op bedrijf CZK1). Ook de N-nawerking van het

bietenblad valt weg. De kosten van deze maatregel zijn hoog en bedragen €100 tot €270 per ha t.o.v. de referentie.

Een andere verdergaande maatregel is suboptimaal bemesten. Bij verlaging van de N-gebruiksnorm met 10 en 20% wordt het N-overschot verlaagd met 5-10 en 15-25 kg N per ha. De kostenstijging vallen bij 10% reductie nog mee (€35-40 per ha). Dat komt omdat er binnen het bedrijf nog sprake is van extra speelruimte binnen de gebruiksnormen door N-nawerking van groenbemesters en bietenblad en in geval bemesting van een groenbemester niet nodig is. De opbrengstderving is daardoor relatief nog gering. Bij een korting van 20% lopen op naar €140-380 per ha door sterkere opbrengstdervingen.

Tabel 3.6. **Resultaten bedrijfsberekeningen voor de Noordwesthoek en Oostrand. In onderdeel A zijn de gevolgen van het generiek mestbeleid weergegeven; in onderdeel B de gevolgen van aanvullende maatregelen op het generiek mestbeleid. De relatieve overschotten (%) zijn voor A berekend t.o.v. Minas 2005adviesbemesting en voor B t.o.v. het generiek mestbeleid 2009, beide in geel weergegeven.**

Noordwesthoek		N-aanvoer		P-aanvoer		N-overschot		P-overschot		kosten euro ha ⁻¹
A	Generiek mestbeleid	OM	Totaal	OM	Totaal	abs	rel.	abs	rel.	
		kg N ha ⁻¹		kg P ₂ O ₅ ha ⁻¹		kg N ha ⁻¹		kg P ₂ O ₅ ha ⁻¹		
1	Minas 2005, max	81	265	47	95	166	47	48	28	54
2	Minas 2005, advies	81	219	47	67	120	0	21	0	0
3	GM2006, max	81	221	47	95	122	2	49	28	18
4	GM2006, advies	81	219	47	67	120	0	21	0	0
5	GM2009, max	45	198	26	80	100	-19	33	13	54
6	GM2009, advies (I)/mest in voorjaar	45	182	26	67	84	-35	20	0	33
7	GM2009, advies (II)/mest in voorjaar+najaar	81	199	47	67	100	-20	20	-1	-17
B Vergaande brongerichte maatregelen										
6	GM2009, advies (I)/mest in voorjaar	45	182	26	67	84	0	20	0	0
<i>Stikstofmaatregelen</i>										
8	NBS	45	182	26	67	84	0	20	0	0
9	vanggewassen	45	175	26	67	77	-8	20	0	6
10	vaste fractie	30	172	64	67	75	-9	20	0	-5
11	geen mest	0	165	0	66	72	-12	20	0	66
12	afvoeren bietenblad	45	190	26	69	80	-4	21	0	102
13	suboptimale bemesting (-10%)	45	180	26	67	83	-2	20	0	38
14	suboptimale bemesting (-20%)	45	162	26	67	69	-15	22	2	378
<i>Fosformaatregelen</i>										
15	P-aanvoer halveren/mest handhaven	45	182	26	26	86	1	-20	-40	27
16	P-aanvoer halveren/geen mest	0	165	0	26	73	-11	-19	-39	107
17	P-aanvoer = 0	0	162	0	0	71	-14	-45	-65	152
Oostrand										
A Generiek mestbeleid										
1	Minas2005, max	81	265	47	95	155	31	39	20	37
2	Minas2005, advies	81	234	47	75	123	0	19	0	0
3	GM2006, max	81	239	47	95	128	5	39	20	16
4	GM2006, advies	81	234	47	75	123	0	19	0	0
5	GM2009, max	45	207	26	80	98	-26	25	5	32
6	GM2009, advies (I)/mest in voorjaar	45	198	26	75	89	-34	20	0	22
7	GM2009, advies (II)/mest in voorjaar+najaar	81	215	47	75	104	-19	19	0	-16
B Vergaande brongerichte maatregelen										
6	GM2009, advies (I)/mest in voorjaar	45	198	26	75	89	-34	20	0	0
<i>Stikstofmaatregelen</i>										
8	NBS	45	192	26	75	83	-6	20	0	1
9	vanggewassen	45	194	26	75	85	-4	20	0	9
10	vaste fractie	30	188	64	75	79	-10	19	0	6
11	geen mest	0	174	0	75	66	-23	20	0	56
12	afvoeren bietenblad + conservenerwt	45	206	26	80	53	-36	13	-6	269
13	suboptimale bemesting (-10%)	45	188	26	75	81	-8	20	1	37
14	suboptimale bemesting (-20%)	45	169	26	75	66	-23	22	2	119
<i>Fosformaatregelen</i>										
15	P-aanvoer halveren/mest handhaven	45	198	26	29	91	2	-26	-45	40
16	P-aanvoer halveren/geen mest	0	178	0	29	72	-17	-26	-45	95
17	P-aanvoer = 0	0	178	0	0	74	-15	-54	-73	141

3.2 Veehouderij

3.2.1 Bouwplan

Voor de veehouderij zijn alleen berekeningen uitgevoerd voor een standaardbedrijf in Oostelijk Flevoland. Het basisbedrijf waarvoor de berekeningen zijn uitgevoerd heeft de volgende kenmerken:

95 koeien, 36 kalveren en 34 pinken

807.500 kg quotum

8500 kg melk per koe

Koeien weiden alleen overdag en krijgen op stal 6 kg ds uit ruwvoer bijgevoerd

54 ha waarvan 46 ha gras en 8 ha maïs

15.000 kg melk per ha

Kleigrond met grondwatertrap VI

Stikstofbemesting zodat het bedrijf voldoet aan de Minas-normen 2005.

Fosfaattoestand grasland ruim voldoende (Pw 44)

Fosfaattoestand maïsland ruim voldoende (Pw maïs 44)

Bemesting grasland: 276 kg N/ha werkzaam waarvan 106 kg N uit drijfmest en 170 kg N uit kunstmest

87 kg P₂O₅/ha werkzaam uit drijfmest, behoefte is 75 kg P₂O₅/ha, 12 kg P₂O₅/ha boven de behoefte

Bemesting maïsland: 160 kg N/ha werkzaam waarvan 114 kg N uit drijfmest en 46 kg N uit kunstmest

72 kg P₂O₅/ha uit drijfmest, 2 kg P₂O₅/ha boven de behoefte.

3.2.2 Varianten

Naast de hierboven beschreven uitgangssituatie, die voldoet aan de MINASnormen van 2005, zijn de volgende varianten doorgerekend:

1. Voldoen aan mestbeleid 2006

2. Voldoen aan mestbeleid 2009 (basis voor volgende varianten)

3. Extensiveren naar 10.500 kg melk/ha door meer grond (lagere veebezetting)

4. Extensiveren naar 10.500 kg melk/ha door meer grond in combinatie met biologische bedrijfsvoering, melkproductie per koe is 1000 kg lager zodat 13 koeien meer nodig zijn om het quotum vol te melken.

5. Inpassen van 15% beheersgras (7 ha "normaal" grasland vervangen door beheersgrasland)

6. Combinatie van 15% beheersgras en extensiveren naar 10.500 kg melk/ha door meer grond

7. Opstallen en minder jongvee aanhouden, in combinatie met een lagere N-gift

3.2.3 Resultaat

In de onderstaande tabellen zijn de resultaten weergegeven van de berekende varianten. Naast enkele technische en economische resultaten zijn ook de bodemoverschotten berekend.

Het bodemoverschot voor stikstof is als volgt berekend:

Depositie + Biologische stikstofbinding + Mesttoediening organisch + Mesttoediening mineraal + Faeces in de wei + Urine in de wei + Kunstmest – Grasopname met beweiding – Gewonnen graskuil – Gewonnen maïskuil – Beweidingsmissie – Toedieningsmissie

Het bodemoverschot voor fosfaat is als volgt berekend:

Depositie + Mesttoediening + Faeces in de wei + Kunstmest – Grasopname met beweiding – Gewonnen graskuil – Gewonnen maïskuil

In Tabel 3.7 staan de effecten van het nieuwe mestbeleid 2006 en 2009 ten opzichte van Minas 2005 weergegeven.

Tabel 3.7. **Effect nieuw mestbeleid ten opzichte van Minas 2005 (In de kolommen “Mestbeleid 2006” en “Mestbeleid 2009” is steeds de afwijking van “Minas 2005” weergegeven).**

	Minas 2005	Mestbeleid 2006	Mestbeleid 2009
code:	1	2	3
Mestafvoer (m ³)	0	+515	+470
Stuks jongvee	70	+0	+0
Beweidingsstelsel	B+6.0	B+6.0	B+6.0
Zelfvoorzieningsgraad ruwvoer	89	+4	-2
N-jaargift grasland/ha	270	+55	+0
Aanvoer kunstmest N/ha	150	+65	+20
Aanvoer kunstmest P ₂ O ₅ /ha	0	+5	+3
Bodemoverschot kg N/ha	187	+15	-15
Verandering bodemoverschot	-	+7%	-8%
Bodemoverschot kg P ₂ O ₅ /ha	15	-13	-11
Arbeidsopbrengst ¹ (€)	31684	-3300	-3500
Arbeidsopbrengst/100 kg melk (€)	+3.9	-0.4	-0.4

¹ Arbeidsopbrengst is alle opbrengsten minus alle betaalde en berekende kosten (exclusief berekende arbeid)

Mestbeleid 2006

Bij het mestbeleid van 2006 moet het bedrijf ruim 500 m³ mest afvoeren om niet meer dan 250 kg N/ha uit dierlijke mest te gebruiken. Vanwege introductie van gebruiksnormen voor stikstof ligt de stikstofjaargift op grasland 55 kg N/ha hoger dan bij Minas 2005. Vanwege de mestafvoer en de hogere stikstofjaargift mag 65 kg N/ha op bedrijfsniveau meer uit kunstmest worden gestrooid. Het bodemoverschot van stikstof is 7% hoger dan bij Minas 2005. Door meer mest afvoeren daalt het bodemoverschot van fosfaat met 13 kg P₂O₅/ha, ondanks dat iets kunstmestfosfaat is gestrooid. Vanwege de hoge fosfaattoestand van de bodem is volgens het advies minder fosfaatkunstmest nodig dan er ruimte voor is binnen het mestbeleid van 2006. Het beleid vormt daarom op dit punt geen beperking voor de fosfaatbemesting. De arbeidsopbrengst ligt 3300 euro lager dan in 2005, vooral door hogere kunstmestkosten en kosten voor mestafzet. De ruwvoervoerkosten en loonwerkkosten (vooral mest uitrijden, maar ook voederwinning grasland) dalen wel.

Mestbeleid 2009

In 2009 moet het bedrijf 470 m³ mest afvoeren. Dit is minder dan in 2006 vanwege een lager ureumgehalte in de melk. Ten opzichte van minas 2005 is de stikstofjaargift op grasland gelijk, per hectare bedrijfsoppervlak mag 20 kg N/ha uit kunstmest meer worden gestrooid ter compensatie van de mestafvoer. Het bodemoverschot voor stikstof ligt 8% onder het niveau van 2005 door een lagere mesttoediening organisch. Wel is de arbeidsopbrengst 3500 euro lager door onder andere hogere kosten voor ruwvoer, kunstmest en afvoer van mest. Door minder mest uitrijden en minder kosten voor voederwinning dalen de loonwerkkosten wel.

In zijn de effecten van voorgenoemde varianten 3 t/m 7 weergegeven waarbij de resultaten van het mestbeleid 2009 als basis dienen.

Tabel 3.8. Resultaten berekende vergaande emissiebeperkende maatregelen Flevoland. Resultaten als afwijking van de basis "mestbeleid 2009".

	code:	Mestbeleid 2009 (ref.)	15% beheersgras inpassen	Extensiveren			Minder jongvee, opstallen	
				gangbaar	biologisch	biologisch krachtvoer		
		3	4	5	6	7	8	9
Mestafvoer (m ³)		470	-25	-470	-470	-470	-470	-215
Oppervlakte (ha)		54	+0	+23	+23	+23	+23	+0
Bruto graslandproductie (t/ha)		12200	-1000	-1800	-3900	-3900	-2800	-900
Stuks jongvee		70	+0	+0	+10	+10	+0	-14
Beweidingsstelsel		B+6,0	B+6,0	B+6,0	B+6,0	B+6,0	B+6,0	S
Zelfvoorzieningsgraad ruwvoer		87	-12	+39	-7	-7	+26	+8
N-jaargift grasland/ha		275	-10	-130	-200	-200	-155	-125
Aanvoer kunstmest N/ha		170	-5	-95	-170	-170	-120	-130
Aanvoer kunstmest P ₂ O ₅ /ha		3	+1	+1	-2	-2	+1	-3
Bodemoverschot kg N/ha		170	+10	-85	-80	-80	-85	-100
Verandering bodemoverschot		-	+6%	-49%	-48%	-48%	-50%	-57%
Bodemoverschot kg P ₂ O ₅ /ha		4	+7	+3	+11	+11	+9	+10
Arbeidsopbrengst ¹ (€)		28170	-1000	-20000	+7200	-1400 ²	-22300	-16200
Arbeidsopbrengst/100 kg melk (€)		3,5	+0,0	-2,5	0,9	-0,2 ²	-2,5	-2,0

¹ Arbeidsopbrengst is alle opbrengsten minus alle betaalde en berekende kosten (exclusief berekende arbeid)

² Gerekend is met biologische krachtvoerprijs van 2005, tussen haakjes staat arbeidsopbrengst bij 100% biologisch krachtvoer

Extensiveren

Door te extensiveren naar 10.500 kg melk/ha is geen mestafvoer meer nodig volgens het mestbeleid van 2009. Bij een zelfde stikstofgift als in 2009 zou een enorm ruwvoeroverschot ontstaan, vandaar de stikstofjaargift is teruggebracht met 130 kg N/ha grasland. Hierdoor daalt de bruto graslandproductie met 1800 kg ds. Er wordt 95 kg N uit kunstmest per hectare minder aangevoerd en het bodemoverschot voor stikstof daalt met 85 kg N/ha. Het bodemoverschot voor fosfaat stijgt licht ondanks minder faeces in de wei en een lagere organische mesttoediening. Dit komt door een lagere grasopname met beweiding. Ondanks de lagere bemesting blijft er een ruwvoeroverschot. De arbeidsopbrengst daalt met € 20.000 door hogere loonwerkkosten voor voederwinning (grotere oppervlakte grasland en maïsland), meer brandstof en hogere grondkosten. De voerkosten (geen aankoop ruwvoer meer) nemen wel af en de kosten voor mestafzet verdwijnen.

Extensiveren in combinatie met biologische bedrijfsvoering

Door het extensiveren naar 10.500 kg melk/ha te combineren met een biologische bedrijfsvoering (1000 kg per koe lagere melkproductie) is ook geen mestafvoer nodig. Door geen kunstmest te strooien daalt de stikstofjaargift met 200 kg N/ha grasland. De bruto graslandproductie daalt met 3900 kg ds. Door een intensievere beweiding met meer dieren blijft het maaipercantage fors achter (-62) bij de gangbare extensieve bedrijfsvoering. Hierdoor is het biologische bedrijf niet zelfvoorzienend voor ruwvoer. Het bodemoverschot voor stikstof daalt ongeveer net zo sterk als bij alleen extensiveren, ondanks een lagere N-gift. De biologische binding van stikstof uit de lucht door klaver vormt een extra belasting voor de bodem. Door minder graskuil te winnen (afvoerpost bij bodemoverschot berekening) neemt het bodemoverschot van fosfaat toe. Een minimale fosfaatgift uit kunstmest is ook bij deze biologische bedrijfsvoering nodig om op de norm te bemesten. De arbeidsopbrengst is € 7400 hoger door een o.a. een hogere melkprijs. Ook de omzet en aanwas stijgt door meer vee verkopen bij een grotere veestapel. Een aantal kostenposten dalen zoals mestafvoer en teeltkosten. Dit alles compenseert de toegenomen kosten voor voer, loonwerk, huisvesting en grond ruimschoots. Wanneer het bedrijf 100% biologisch krachtvoer voert, stijgen de krachtvoerkosten fors

en ligt de arbeidsopbrengst € 1400 lager dan de basis 2009.

N.B.: Bij de biologische berekeningen is uitgegaan van lagere gezondheidskosten per dier dan gangbaar. Uitgangspunt is dat deze lagere kosten geen negatieve gevolgen voor de gezondheid van de dieren hebben. Verder kan het biologisch resultaat pas geboekt worden na een omschakelingsperiode van 2 jaar met extra kosten. Het is de vraag of na 2 jaar de biologische melkprijs nog evenveel hoger is dan op dit moment (+ € 5,88/100 kg melk) of dat de marktomstandigheden een kleiner verschil met zich meebrengen.

Beheersgras inpassen

Door de lagere gewasopbrengst van het beheersgras daalt de zelfvoorzieningsgraad voor ruwvoer. Er komt iets minder stikstof uit kunstmest op het land, toch neemt het bodemoverschot van stikstof met 6% toe. Dit komt door een lagere hoeveelheid gewonnen graskuil. Het bodemoverschot voor fosfaat stijgt hierdoor ook. De arbeidsopbrengst verandert daalt € 1000. De beheerspremie en de extra krachtvoerkosten zijn redelijk met elkaar in evenwicht, wel zijn er extra kosten voor de opslag van beheersshooi.

Extensiveren en beheersgras inpassen

Omdat beheersgras toepassen geen grote invloed heeft op het bodemoverschot voor stikstof, wijkt het bodemoverschot bij een combinatie van extensiveren en beheersgras toepassen niet veel af van alleen extensiveren. De arbeidsopbrengst is lager door hogere krachtvoerkosten en kosten voor de opslag van beheersshooi. Door beheersgras toe te passen neemt in vergelijking met extensiveren wel het bodemoverschot van fosfaat toe door een lagere graskuilopbrengst.

Minder jongvee, opstallen en een lagere N-gift toepassen

Door de combinatie van 14 stuks minder jongvee aanhouden, het vee op stal houden en minder bemesten is ruim 200 m³ minder mestafvoer nodig. Ondanks een sterke beperking van de stikstofgift met 125 kg N/ha en een 900 kg ds lagere bruto ds-opbrengst neemt de zelfvoorzieningsgraad voor ruwvoer toe. Dit komt omdat er minder jongvee is. Het bodemoverschot voor stikstof daalt fors door minder kunstmest strooien. Voor fosfaat stijgt het bodemoverschot. Dit komt door een hogere toediening van drijfmest. De arbeidsopbrengst daalt met ruim € 16.000. Vooral de loonwerkkosten voor de oogst van graskuil nemen toe. Verder dalen de opbrengsten voor omzet en aanwas door minder jongvee. De kosten voor krachtvoer en voeropslag stijgen. De kosten voor kunstmest en mestafvoer dalen.

N.B.: sterke verlaging van de arbeidsopbrengst geldt wanneer in de basissituatie een goede verkaveling aanwezig is. Wanneer het basisbedrijf in de basis door een slechte verkaveling moeite heeft om de beweiding rond te zetten zal het verschil in arbeidsopbrengst met volledig opstallen kleiner zijn.

4 Kosteneffectiviteit effectgerichte maatregelen

In tegenstelling tot de kosteneffectiviteit van de meeste brongerichte maatregelen, is vooral de effectiviteit van effectgerichte maatregelen minder goed bekend. In deze studie is getracht de effectiviteit van deze maatregelen zo goed mogelijk te onderbouwen aan de hand van literatuurgegevens.

De effectgerichte maatregelen worden net zoals de vergaande brongerichte maatregelen ingezet na uitvoering van het generieke mestbeleid.

18. Grasbufferstroken
19. Moerasbufferstroken (grondbeslag 2,5%)
20. Helofytenfilters (grondbeslag 2,5%)
21. Helofytenfilters (grondbeslag 5,0%)
22. Moerasbufferstroken, gemaaid begin september (grondbeslag 2,5%)
23. Helofytenfilters, gemaaid begin september (grondbeslag 2,5%)
24. Helofytenfilters, gemaaid begin september (grondbeslag 5,0%)
25. Moerasbufferstroken, iedere zesjaar uitbaggeren (grondbeslag 2,5%)
26. Helofytenfilters, iedere zesjaar uitbaggeren (grondbeslag 2,5%)
27. Helofytenfilters, iedere zesjaar uitbaggeren (grondbeslag 5,0%)
28. Baggeren van sloten

4.1 N- en P-vrachten naar het oppervlaktewater

Voor het bepalen van de effectiviteit van effectgerichte maatregelen is het belangrijk om het relatieve belang van de verschillende emissieroutes te kennen. Voor de dit jaar (2006) uit te voeren mestevaluatie zijn door Alterra de N- en P-vrachten per emissieroute, grondsoort en GHG-klasse opnieuw met STONE berekend (Tabel 4.1).

Tabel 4.1. **N- en P-vrachten naar het oppervlaktewater voor bouwland en gras op klei bij GHG-klasse II (40 tot 80 cm -mv), Alterra ongepubliceerd.**

	Stikstof (N kg ha ⁻¹)					Fosfor (P kg ha ⁻¹)			
	NH ₄ -N	NO ₃ -N	org-N	totaal-N	%	ortho-P	org-P	totaal-P	%
<i>bouwland</i>									
afspoeling	0,33	0,49	0,04	0,86	3,4	0,12	0,00	0,12	4,3
drains en greppels	5,09	8,27	9,22	22,58	90,5	1,70	0,59	2,41	87,0
sloten	0,32	0,20	0,30	0,82	3,3	0,14	0,04	0,18	6,5
grotere watergangen	0,33	0,07	0,29	0,69	2,8	0,14	0,04	0,18	6,5
totaal	6,07	9,02	9,84	24,94		2,09	0,67	2,77	
%	24,3	36,2	39,5		100	75,5	24,2		100
<i>grasland</i>									
afspoeling	0,98	0,83	0,22	2,03	10,0	0,14	0,02	0,16	
drains en greppels	1,44	8,17	5,03	14,60	71,6	0,73	0,44	1,17	
sloten	0,75	0,70	1,11	2,56	12,5	0,16	0,05	0,21	
grotere watergangen	0,53	0,21	0,45	1,19	5,8	0,12	0,04	0,18	
totaal	3,69	9,90	6,81	20,40		1,15	0,55	1,70	
%	18,1	48,5	33,4		100	67,6	32,4		100

Uit Tabel 4.1 blijkt dat afspoeling volgens deze berekeningen nauwelijks een rol speelt als emissieroute. Het overgrote deel van de N en P komt via ondiepe uitspoeling (drains of greppels; in geval van Flevoland drains) in het oppervlaktewater. De resterende hoeveelheid N en P komt via diepe uitspoeling in sloten of grotere watergangen terecht. Opvallend zijn de relatief hoge vrachten aan organisch-N en NH₄-N die volgens deze berekeningen in het oppervlaktewater terechtkomen (zie ook Discussie Hoofdstuk 7).

4.2 Grasbufferstroken

4.2.1 Dichtheid watergangen

Door het waterschap Zuiderzeeland is een GIS-bestand aangeleverd met kavelgroottes. Na verwijdering van kavels < 1 ha uit het databestand (dit zijn vooral erven en overhoeken) wordt een gemiddelde kavelgrootte berekend van 20,9 ha voor de Noordwesthoek en van 27,3 ha voor de Oostrand. Voor de Noordwesthoek resulteert dit in gemiddeld genomen 112 strekkende meter rand per hectare landbouwgrond; voor de Oostrand is dit 92 meter rand per hectare.

4.2.2 Type bufferstrook

In dit project volgen wij de richtlijnen van het project Actief Randenbeheer Brabant. Voor bouwplan wordt een breedte gehanteerd van 3,5 m en voor grasland 2 m. De bufferstrook op bouwland wordt ingezaaid met gras, voor de veehouderij (behalve maïs) wordt alleen een bemestings- en spuitvrije zone verplicht gesteld. De bufferstrook op bouwland wordt 2x per jaar gemaaid, het maaisel wordt afgevoerd. De bufferstrook op grasland mag beweid worden.

4.2.3 Effectiviteit

Voor het project Actief Randenbeheer Brabant zijn berekeningen uitgevoerd van de effectiviteit van grasbufferstroken (zie van Dijk e.a., 2003). Door van Beek e.a. (2005; 2006) wordt verder ingegaan op de effectiviteit van grasbufferstroken.

Af- en uitspoeling

In dit rapport gaan wij ervan uit dat 50% van de afgespoelde nutriënten in de bufferstrook opgevangen wordt. Dit is waarschijnlijk nog aan de hoge kant omdat op vlakke percelen afgespoelde nutriënten vaak via preferente stroombanen of door boeren gegraven greppels in het oppervlaktewater terechtkomen. Verder gaan wij er vanuit dat door aanwezigheid van buisdrainage geen uitgespoelde nutriënten verwijderd of vastgehouden worden.

Meemesten

Bufferstroken zijn efficiënt in het verminderen van directe N-emissies (meemesten) naar het oppervlaktewater. Uitgaande van de gegevens van van Dijk e.a. (2003) wordt voor gras en maïs op klei bij een sloot met bovenbreedte van 4 m uitgegaan van een vermindering van de emissie door meemesten van resp. 990 en 38 g N per strekkende km sloot. Voor wintertarwe is dit 1871; voor suikerbiet 809 en consumptieaardappel 393 g N per strekkende km sloot. Voor P_2O_5 op grasland en maïs is dit resp. 79 en 15 gram, en voor wintertarwe, suikerbiet en consumptieaardappel, resp. 265, 163 en 90 gram. Gemakshalve gaan wij ervan uit dat door de aanleg van grasbufferstroken er gemiddeld genomen 1 kg N per km bufferstrook minder in watergangen terechtkomt via meemesten. Voor P_2O_5 op grasland gaan wij uit van 79 g per km sloot minder; op akkerbouw van 140 g, dit is resp. 34 en 60 g P.

Uit productie nemen van landbouwgrond

Door de aanleg van bufferstroken wordt landbouwgrond uit de productie genomen. Het percentage uit de productie genomen landbouwgrond is afhankelijk van de dichtheid van de waterlopen. In principe worden in projecten zoals Actief Randenbeheer Brabant alleen bufferstroken gesubsidieerd langs watervoerende sloten (sloten met water in de periode mei t/m oktober). Wij gaan ervan uit dat 30% van de watergangen in Flevoland watervoerend zijn; en 50% in de Noordoostpolder.

4.2.4 Kosten bufferstroken

De kosten van bufferstroken kunnen onderverdeeld worden in:

- Saldoverlies gewassen
- Kosten van aanleg bufferstrook
- Kosten van beheer bufferstrook (maaïen en afvoeren)

Daarnaast zijn er arbeidskosten en -besparingen:

- Tijdwinst doordat er minder arbeid verricht hoeft te worden aan de teelt van landbouwgewassen
- Tijdvleris bij de aanleg en het beheer van grasbufferstroken.

Voor het berekenen van het saldooverlies en arbeidsbesparing wordt rekeninggehouden met de verplichte teeltvrije zone (Lozingenbesluit). Hierbij wordt gerekend met bruto financiële opbrengsten minus de aan de teelt toegerekende kosten. Tevens wordt ervan uitgegaan dat het saldo direct langs sloten vanwege randeffecten 5% lager is. Saldi en arbeidsuren zijn afkomstig van Kwantitatieve Informatie voor de Akkerbouw & Vollegrondsgroententeelt (2006) en die voor Bloembollen (2005).

De kosten van de aanleg en beheer van bufferstroken en arbeidskosten zijn afkomstig van de door PPO uitgevoerde projecten 'Natuur Breed', 'Natuurontwikkeling op proefbedrijven' en 'Grondslagen en vergoedingen akkerranden'. In beide eerstgenoemde projecten zijn arbeid- en kostenregistraties bijgehouden, zie Klieverink *et al.* (2005) en Clevering *et al.* (2005). Uit deze projecten komt naar voren dat de aanleg van grasbufferstroken gemiddeld genomen €40 kost (zaad), en het aantal benodigde arbeidsuren 5,5 uur. Het beheer kost gemiddeld genomen 10,5 uur ha⁻¹ bufferstrook. In het project Natuur Breed werd gemiddeld 22% van de werkzaamheden als loonwerk uitgevoerd.

In de verschillende akkerrandprojecten wordt conform Actief Randenbeheer Brabant het eerste jaar vooral gebloot om zaadsetting van éénjarige onkruidsoorten te voorkomen. In de volggaren wordt eerst 2x per jaar gemaaid; bij sterke afname van de biomassa productie wordt 1x per jaar gemaaid. Het maaisel wordt afgevoerd.

Tabel 4.2. **Saldooverlies en arbeidsbesparing bij het uit productie nemen van landbouwgrond als rekeninggehouden wordt met het lozingenbesluit. Er wordt uitgegaan van 30% watervoerende sloten in Flevoland en 50% in de Noordoostpolder.**

gebied	water- voerend %	per ha landbouwgrond			
		rand meter	grondbeslag %	saldooverlies euro	arbeidswinst uren
Oostrand					
Akkerbouw	30	27,6	0,74	10,2	0,12
Oostrand	30	27,6	0,59	3,3	0,01
NW-hoek					
Akkerbouw	50	56,0	1,75	59,0	1,69

Doordat in de Noordwesthoek de geteelde gewassen een veel hoger saldo hebben dan die in de Oostrand, is het saldooverlies op basis van de toegerekende kosten hier bijna 2x zo hoog. Met het uit productie nemen van landbouwgrond wordt vooral in de Noordwesthoek veel op arbeid (met name bij tulpen) bespaard (Tabel 4.2). In de Oostrand is voor de aanleg van de stroken een gemiddelde arbeidsbesteding noodzakelijk van 0,17 uur, en voor het onderhoud van 0,33 uur. Voor de Noordwesthoek is dit respectievelijk 0,16 en 0,33 uur. Deze extra arbeid valt dus in het niet bij de arbeidsbesparing door het uit productie nemen van landbouwgrond. Er van uitgaande dat 22% van de arbeid in loonwerk (35,5 euro uur⁻¹) gebeurt, dan zijn de kosten van het beheer van de randen jaarlijks gemiddeld genomen 2,6 euro. Het zaai zaad kost slechts 0,2 euro (bij herzaai om de zes jaar).

In Tabel 4.3 zijn de kosten van aanleg en beheer van de grasbufferstroken gegeven. Voor het bepalen van de totale kosten zijn de saldooverliezen opgeteld bij de kosten van aanleg en beheer. Voor het berekenen van de effectiviteit van de bufferstroken is uitgegaan van de N- en P-overschotten bij uitvoering van het generieke mestbeleid 2009.

Tabel 4.3. **Kosten van aanleg en beheer van bufferstroken en verlaging van het N- en P-overschot en – afspoeling door de aanleg van grasbufferstroken.**

	aanleg		beheer		verlaging N-		verlaging P-	
	kosten euro	arbeid uren	kosten euro	arbeid uren	overschot kg ha ⁻¹	afspoeling kg ha ⁻¹	overschot kg ha ⁻¹	afspoeling kg ha ⁻¹
Oostrand								
Akkerbouw	0,37	0,05	0,66	0,09	0,81	0,07	0,01	0,01
Veehouderij	0,04	-	0,08	0,01	1,14	0,04	0,01	-
NW-hoek								
Akkerbouw	0,48	0,03	1,27	0,10	1,27	0,10	0,02	0,03

Voor de veehouderij gaan wij voor de onbemeste strook uit van 15% saldooverlies.

4.3 Moerasbufferstroken en helofytenfilters

4.3.1 Kosten zuiveringssystemen

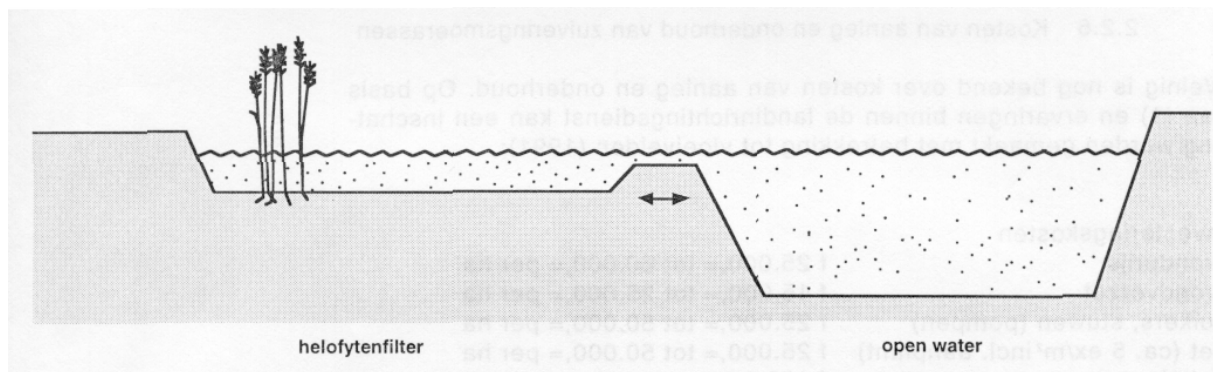
Moerasbufferstroken

Moerasbufferstroken kunnen op verschillende manieren worden ingericht. Meestal wordt een flauw aflopend talud of een plas- of drasberm aangelegd. Een plas- of drasberm is het flauw oplopende of horizontale deel van het profiel in ondiep water. In een plasberm heeft een natte strook een diepte van 1,5 tot 0,5 m. Een drasberm is zeer ondiep of ligt onder de waterlijn. In een dergelijke strook kunnen moerasplanten tot ontwikkeling komen.

Uit de internationale literatuur is veel bekend over de werking van moeras- of natte bufferstroken. Echter ook voor moerasbufferstroken geldt dat de resultaten van dit onderzoek niet zonder meer te vertalen zijn naar Nederlandse omstandigheden. In het buitenland worden moerasbufferstroken vaak aangelegd in hellend terrein, waar veel bodemerrosie optreedt (afspoeling) en waar ondiepe uitspoeling plaatsvindt. In het vlakke Nederland hebben wij vaak te maken met gedraineerde percelen, is vaak onbekend wat het aandeel van afspoeling in de totale nutriëntenemissie is en treedt een deel van de nutriënten uit via de slootbodembodem i.p.v. de slootwand.

In deze studie proberen wij een inschatting te maken van de hoeveelheid nutriënten die via afspoeling en/of via greppels en drains (dus van bovenaf) in de moerasbufferstrook terecht komen. Deze situatie wijkt dus sterk af van de situatie waarin nutriënten grotendeels via bodempassage in bufferstroken terecht komen. In dergelijke gebieden is het wellicht zinvoller om plas- of drasbermen aan te leggen of helofytenfilters.

In deze studie gaan wij uit van moerasbufferstroken met een drempel tussen de strook en sloot. Er kan maximaal 20 cm water worden geborgen (Figuur 4.1). Er wordt uitgegaan van een grondbeslag van 5%; met een effectief zuiveringsoppervlak van 70% (Hey *et al.*, 2005).



Figuur 4.1. Een moerasbufferstrook met een drempel langs een sloot, overgenomen van de Ridder (1996). De bedoeling is dat de drempel grotendeels boven het wateroppervlak uitsteekt.

De aanlegkosten van de moerasbufferstrook wordt geschat op €6,00 per m². Deze schatting is gebaseerd op berekeningen van van der Meer & Schurink (2001); van Well & Kloen (2004) en Clevering *et al.* (2004). De jaarlijkse onderhoudskosten, waarbij in de winter wordt gemaaid komen op €0,05 m². Er wordt uitgegaan van een afschrijving van 25 jaar.

Om P-retentie te bevorderen is het belangrijk dat jaarlijks vroeg in het najaar gemaaid wordt. De jaarlijkse kosten van begin september maaien worden geschat op ca. €0,07 per m². De efficiënt van bufferstroken kan nog verder worden verhoogd door iedere zes jaar te baggeren, dit voorkomt P-verzadiging van het filter. De kosten van uitbaggeren en opnieuw planten wordt geschat op €2,00 per m². Uitbaggeren en herinplant vindt plaats op 70% van het oppervlak.

Helofytenfilters

Er wordt uitgegaan van vloeivelden (surface flow) omdat de aanlegkosten hiervan het laagst zijn, en vloeivelden goed inpasbaar zijn in het landschap. Wij gaan uit van een ruimtebeslag van 2,5 en 5% voor de helofytenfilters, hierbij wordt ook uitgegaan van 70% effectief zuiveringsoppervlak (Hey *et al.*, 2005). De aanlegkosten zijn geschat op ca. €8,00 per m² (Stowa rapporten 2001-09; 2005-18 en gegevens R. Veeningen van Wetterskip Fryslân). De jaarlijkse beheerkosten op ca. €0,05 per m², en jaarlijks maaien van riet in september van €0,07 per m². NB. Voor het zuiveringsmoeras de Putten in Friesland wordt gerekend met ca. 0,15 euro m² onderhoudskosten (data Johan Hager, Wetterskip Fryslân). Wij gaan dus uit van iets lagere kosten onderhoudskosten bij beheer door boeren. De kosten van het uitbaggeren van de helofytenfilters wordt geschat op €2,00 per m². Uitbaggeren en herinplant vindt plaats op 70% van het oppervlak.

Totale kosten

Voor de kostenberekening is uitgegaan van het jaarlijkse saldooverlies, volgens de berekening in Tabel 4.2 en 4.3. Er wordt niet gecompenseerd voor de verplichte teeltvrije zone, immers die blijft bij de aanleg van moerasbufferstroken bestaan. De kosten van aanleg en beheer zijn voor drie situaties berekend: In de eerste situatie wordt uitgegaan van standaard onderhoud, waarbij moerassystemen in de winter worden gemaaid. In de tweede situatie wordt in september gemaaid, de kosten van onderhoud nemen hierdoor toe en in de derde situatie wordt het filter iedere 6 jaar vernieuwd door het uit te baggeren en opnieuw in te planten.

Tabel 4.4. **Kosten (euro ha⁻¹ landbouwgrond) van moerasbufferstroken (2,5% grondbeslag) en helofytenfilters (2,5 en 5% grondbeslag) voor de Noordwesthoek en de Oostrand bij verschillende vormen van beheer: standaard (a t/c); maaien in september (a t/m d) en iedere zes jaar baggeren (a t/m e).**

	Noordwesthoek AKK			Oostrand AKK			Oostrand veehouderij		
	MB2,5	HF2,5	HF5	MB2,5	HF2,5	HF5	MB2,5	HF2,5	HF5
a) saldooverlies	84	84	168	34	34	68	14	14	28
b) aanleg	66	88	176	66	88	176	66	88	176
c) beheer (winter)	13	13	25	13	13	25	13	13	25
d) beheer (sept.)	5	5	10	5	5	10	5	5	10
e) baggeren	63	63	126	63	63	126	63	63	126
Standaard a t/m c	163	185	369	113	135	269	93	115	229
Maaien a t/m d	168	190	379	118	140	279	98	120	239
Baggeren a t/m e	231	253	505	181	203	405	161	183	365

4.3.2 Belasting zuiveringssystemen

N- en P-belasting van de zuiveringssystemen

Voor het berekenen van de efficiëntie van moerasbufferstroken en helofytenfilters is uitgegaan van de N- en P-emissies die optreden bij uitvoering van het mestbeleid 2009 (zie Hoofdstuk 5 voor berekeningen).

Tabel 4.5. **N- en P-bodemoverschot en N- en P-belasting van het oppervlaktewater bij uitvoering van het generiek mestbeleid 2009.**

	Oostrand		Noordwesthoek
	Akkerbouw kg ha ⁻¹	Veehouderij kg ha ⁻¹	Akkerbouw kg ha ⁻¹
N-overschot	89	172	84
N-belasting	13,4	15,9	11,8
P-overschot	8	2	9
P-belasting	1,3	1,0	1,1

Uitgaande van resp. 1,75% en 3,5% effectief zuiveringsoppervlak is de N- en P-belasting van de systemen als volgt:

Tabel 4.6. **N- en P-belasting van zuiveringssystemen in kg ha⁻¹ zuiveringssysteem.**

Grondbeslag	N-belasting		P-belasting	
	2,5%	5%	2,5%	5%
Oostrand				
Akkerbouw	766	383	74	37
Veehouderij	909	455	57	29
Noordwesthoek				
Akkerbouw	674	337	63	31

Hydraulische belasting

Er wordt uitgegaan van een gemiddelde dagelijkse ontwatering van landbouwgrond van 0,91 mm dag⁻¹ = 330 mm jaar⁻¹; met in de zomer gemiddeld 0,38 mm dag⁻¹ en in de winter van 1,44 mm dag⁻¹ en N- en P-concentraties die gedurende het jaar constant zijn. Voor de moerasbufferstroken gaan wij uit van een maximale diepte van 20 cm; voor de helofytenfilters van 45 cm.

Tabel 4.7 Gemiddelde hydraulische belasting (mm dag⁻¹) en retentietijd (dag) in de winter- en zomerperiode en jaarlijks gemiddelde belasting voor de verschillende systemen.

filtertype ruimtebeslag	Hydraulische belasting (mm dag ⁻¹)			Verblijftijd (dagen)		
	MB	HF	HF	MB	HF	HF
winter	82	82	41	2,4	5,5	10,9
zomer	22	22	11	9,2	20,7	41,4
gemiddeld	52	52	26	3,8	8,7	17,3

4.3.3 Verwijdering stikstof en fosfor

De N- en P-retentie in moerasbufferstroken en helofytenfilters worden vooral bepaald door de verblijftijd en de belasting van zuiveringsmoerassen. Berekeningen vinden meestal plaats op basis van belasting, hierbij wordt dus geen rekening gehouden met de verblijftijd. Voor een substantiële zuivering van nitraat is echter een minimale verblijftijd van 3 dagen nodig en voor orthofosfaat van 7 dagen (zie Clevering, 2006). Gedurende het winterhalfjaar is voor een optimale zuivering de verblijftijd vaak te kort, dit geldt vooral voor moerasbufferstroken.

Voor het berekenen van de efficiëntie van stikstofverwijdering zijn gegevens gebruikt van Kadlec & Knight (1996) en Paladun *et al.* (2002). Wij gaan ervan uit dat de retentie in de moerasbufferstrook in de winterperiode 25% is van die in helofytenfilters met hetzelfde ruimtebeslag.

Voor fosfor is onderscheid gemaakt tussen retentie bij standaardbeheer, ieder jaar maaien in september en iedere zes jaar baggeren.

- Voor standaardbeheer is gebruikgemaakt van gegevens van Kadlec (ongepubliceerd) in Hey *et al.* (2005) en van Reinhardt *et al.* (2005). Op de gegevens van Kadlec is vanwege een (te) korte verblijftijd een correctie uitgevoerd voor de moerasbufferstrook en helofytenfilter met 2,5% ruimtebeslag: namelijk resp. 85% en 25% lagere retentie in de winterperiode.
- Door riet in september te maaien wordt uitgegaan van een gemiddelde extra P-verwijdering van 15 kg ha⁻¹ (zie ook Clevering *et al.*, 2004).
- Voor de systemen die iedere zes worden uitgraven, zijn gegevens van Nair & Mitsch (2000); Liikanen *et al.* (2004); Mitsch *et al.* (1995) en Wedding (2000) gebruikt. Ook hier is vanwege een (te) geringe verblijftijd een correctie uitgevoerd voor de moerasbufferstrook en helofytenfilter met 2,5% ruimtebeslag: namelijk resp. 75% en 15%.

Tabel 4.8. Retentie van N en P in moerasbufferstroken en helofytenfilters per ha landbouwgrond op basis van literatuurgegevens (zie Clevering *et al.*, 2004; Clevering, 2006).

systeem	Noordwesthoek			Oostrand AKK			Oostrand Veehouderij		
	MB2,5	HF2,5	HF5	MB2,5	HF2,5	HF5	MB2,5	HF2,5	HF5
Stikstof	3,1	4,5	6,0	3,7	5,1	6,8	3,9	5,9	7,9
Fosfor									
standaard	0,16	0,38	0,62	0,18	0,46	0,71	0,13	0,35	0,57
maaien	0,42	0,64	1,15	0,44	0,72	1,24	0,39	0,61	1,10
baggeren	0,45	0,90	1,46	0,48	1,02	1,63	0,43	0,85	1,38

4.4 Baggeren

Het baggeren van sloten lijkt vooral een afname in de P-nalevering in watergangen teweeg te brengen. De gevolgen van baggeren op de retentie van N is onduidelijk. Door baggeren neemt weliswaar de N-voorraad in de waterbodem af, maar door de afname in de hoeveelheid organische stof zal ook denitrificatie afnemen. Wij gaan er vooralsnog van uit dat baggeren tot ca. 10% lagere P-nalevering leidt, maar geen effect heeft op de nalevering van N. Het baggeren kost ca. 1 euro per strekkende m sloot met een bodembreedte van 1 meter.

5 Kosteneffectiviteit maatregelen

5.1 Berekenen N- en P-emissies naar oppervlaktewater

De door Mol-Dijkstra *et al.* (1999) ontwikkelde metamodellen (Vreman, 2005) zijn toegepast om de N- en P-belasting van het oppervlaktewater uit de N- en P-overschotten te berekenen. Als invoer worden o.a. grondsoort (PAWN-eenheden), gemiddelde hoogste grondwaterstand (GHG) en de P-voorraad in de laag 0 – 1 m gebruikt. Vervolgens zijn per gebied het aandeel van de verschillende grondsoorten en gemiddelde GHG met ArcGis berekend (zie Tabel 5.1).

Tabel 5.1. **Het aandeel van de verschillende grondsoorten (% areaal) en de gemiddelde hoogste grondwaterstand (GHG) (gegevens Staringreeks).**

grondsoort	Noordwesthoek		Oostrand	
	areaal (%)	GHG (cm -mv)	areaal (%)	GHG (cm -mv)
zavel en klei op veen	25	81	6	61
zavel en klei op zand	40	65	24	57
homogene of licht aflopende zavel en klei	17	65	63	71
kalkhoudende zandgronden	18	57	6	52

Voor de bodem P-voorraad in de laag 0 – 1 m is een hoeveelheid van 4 ton ha⁻¹ aangehouden. Deze hoeveelheid is berekend op basis van het rapport 'Fosfaatbalansen op perceelsniveau' van Ehlert e.a. (2003). De N- en P-belasting door kwel is niet berekend.

Met het model van Mol-Dijkstra *et al.* (1999) worden emissies berekend bij een nieuw evenwicht tussen bemesting en bodemoverschot. Dit betekent dat de kosteneffectiviteit van de brongerichte maatregelen de eerste jaren na uitvoering iets wordt overschat.

5.2 Stikstof

5.2.1 Noordwesthoek - Akkerbouw

Door het generieke mestbeleid neemt de N-belasting van het oppervlaktewater sterk af, dit is met name het geval als alle dierlijke mest in het voorjaar wordt toegediend (Tabel 5.2A).

De effectiviteit van vergaande brongerichte maatregelen valt erg tegen (Tabel 5.2B). De kosten zijn erg afhankelijk van de maatregel. Het scheiden van dierlijke mest in twee fracties (dunne fractie met veel N en dikke fractie met veel P) levert zelfs geld op. Ook aan de teelt van vanggewassen zijn voor de akkerbouw slechts geringe kosten verbonden. De maatregelen bemesten onder advies en afvoer van gewasresten zijn echter kostbaar.

Vanwege de aanwezigheid van buisdrainage zijn grasbufferstroken niet kosteneffectief (Tabel 5.2C). Voor de landbouw zijn aan zuiveringmoerassen ongeveer dezelfde kosten verbonden dan aan het afvoeren van gewasresten en 20% onder advies bemesten. De zuiveringsmoerassen zijn echter veel kosteneffectiever.

Tabel 5.2. Stikstof Noordwesthoek Akkerbouw: De kosteneffectiviteit van het generieke mestbeleid (A) en van vergaande brongerichte (B) en effectgerichte (C) maatregelen. De kosteneffectiviteit van het generieke mestbeleid (GM) is berekend t.o.v. MINAS 2005 en van de vergaande maatregelen t.o.v. GM2009 (in geel weergegeven). Maatregelen met een negatief effect zijn in rood weergegeven, maatregelen met een positief financieel effect in blauw.

		landbouw	bodem	oppervlaktewater		
		kosten	overschot	belasting	afname	kosteneffectiviteit
A	Generiek mestbeleid (GM)	euro ha ⁻¹	kg ha ⁻¹	kg ha ⁻¹	%	euro kg ⁻¹ N
1	MINAS 2005 (maximale ruimte)	54	166	28,3	-64	-4,9
2	MINAS 2005 (adviesbemesting)	0	120	17,3	0	0,0
3	GM2006 (maximale ruimte)	18	122	17,7	-2	-45,0
4	GM2006 (adviesbemesting)	0	120	17,3	0	0,0
5	GM2009 (maximale ruimte)	54	100	14,0	19	16,4
6	GM2009 (mest voor- en najaar)	-17	100	14,0	19	-5,2
7	GM2009 (mest voorjaar)	33	84	11,8	32	6,0
B	Vergaande brongerichte maatregelen					
7	GM2009 (mest voorjaar)	0	84	11,8	0	0,0
8	NBS Aardappelen	0	84	11,8	0	0,0
13	suboptimale N-bemesting (-10%)	38	83	11,7	1	380,0
12	afvoeren gewasresten	102	80	11,3	4	204,0
9	vanggewassen	6	77	11,0	7	7,5
10	gebruik vaste fractie in de nazomer	-5	75	10,7	9	-4,5
11	geen organische mest	66	72	10,4	12	47,1
14	suboptimale N-bemesting (-20%)	378	69	10,1	14	222,4
C	Effectgerichte maatregelen					
7	GM2009 (mest voorjaar)	0	84	11,8	0	0,0
18	grasbufferstroken	52		11,5	3	173,3
19	moerasbufferstroken (2,5%)	163		8,7	26	52,6
20	helofytenfilters (2,5%)	185		7,3	38	41,1
21	helofytenfilters (5%)	369		5,8	51	61,5

5.2.2 Oostrand – Akkerbouw

Het generieke mestbeleid levert voor de Oostrand nagenoeg dezelfde reductie in N-belasting op, de kosten zijn wel iets lager dan voor de Noordwesthoek (Tabel 5.3A).

De vergaande brongerichte maatregelen hebben meer effect dan in de Noordwesthoek (Tabel 5.3B). Dit hangt samen met verschillen in bouwplansamenstelling. Net zoals in de Noordwesthoek zijn de kosten van de meest vergaande brongerichte maatregelen even hoog als die van de effectgerichte maatregelen (Tabel 5.3C). Ook voor de Oostrand geldt dat met de laatstgenoemde maatregelen de belasting van het oppervlaktewater sterker wordt teruggedrongen, terwijl de kosten per kg lagere N-belasting goed vergelijkbaar zijn tussen beide typen maatregelen.

Tabel 5.3. **Stikstof Oostrand Akkerbouw: De kosteneffectiviteit van het generieke mestbeleid (A) en van vergaande brongerichte (B) en effectgerichte (C) maatregelen. De kosteneffectiviteit van het generieke mestbeleid (GM2009) is berekend t.o.v. MINAS2005 en van de vergaande maatregelen t.o.v. GM2009 (in geel weergegeven). Maatregelen met een negatief effect zijn in rood weergegeven, maatregelen met een positief financieel effect in blauw.**

		landbouw	bodem	oppervlaktewater		
		kosten euro ha ⁻¹	overschot kg ha ⁻¹	belasting kg ha ⁻¹	afname %	kosteneffectiviteit euro kg ⁻¹ N
A	Generiek mestbeleid (GM)					
1	MINAS2005 (maximale ruimte)	37	155	27,2	-41	-4,7
2	MINAS2005 (adviesbemesting)	0	123	19,3	0	0,0
3	GM2006 (maximale ruimte)	16	128	22,5	-17	-5,0
4	GM2006 (adviesbemesting)	0	123	19,3	0	0,0
5	GM2009 (maximale ruimte)	32	98	14,3	26	6,4
6	GM2009 (mest voor- en najaar)	-16	104	15,7	19	-4,4
7	GM2009 (mest voorjaar)	22	89	13,4	31	3,7
B	Vergaande brongerichte maatregelen					
7	GM2009 (mest voorjaar)	0	89	13,4	0	0,0
9	vanggewassen	9	85	12,9	4	18,0
8	NBS Aardappelen	1	83	12,5	7	1,1
13	suboptimale N-bemesting (-10%)	37	81	12,3	8	33,6
10	gebruik vaste fractie in de nazomer	6	79	12,0	10	4,3
11	geen organische mest	56	66	10,5	22	19,3
14	suboptimale N-bemesting (-20%)	119	66	10,5	22	41,0
12	afvoeren gewasresten	269	53	9,2	31	64,0
C	Effectgerichte maatregelen					
7	GM2009 (mest voorjaar)	0	89	13,4	0	0,0
18	grasbufferstroken	10		13,3	1	100,0
19	moerasbufferstroken (2,5%)	113		9,7	28	30,4
20	helofytenfilters (2,5%)	135		8,3	38	26,4
21	helofytenfilters (5%)	269		6,6	51	39,6

5.2.3 Oostrand - Veehouderij

Voor de veehouderij resulteert het generieke mestbeleid in 11% minder N-belasting van het oppervlaktewater (Tabel 5.4A). Dit is veel minder dan voor de akkerbouw op klei. Voor de veehouderij zijn er eigenlijk geen mogelijkheden meer om met betrekkelijk goedkope maatregelen de N-belasting van het oppervlaktewater verder terug te dringen. Het goedkoopst is nog de overgang naar biologische landbouw vooral als niet biologisch krachtvoer wordt gebruikt (Tabel 5.4B). De kosteneffectiviteit van deze maatregel zal echter sterk afnemen indien veel boeren overstappen op biologische landbouw, omdat prijzen van de producten dan onder druk komen te staan.

De voor de veehouderij doorgerekende vergaande brongerichte maatregelen hebben veel meer effect op de waterkwaliteit dan die voor de akkerbouw, maar deze maatregelen zijn dan ook veel ingrijpender voor de bedrijfsvoering. De effectgerichte maatregelen zijn goedkoper dan de brongerichte maatregelen, maar resulteren ook in een iets minder sterke daling van de N-belasting van het oppervlaktewater (Tabel 5.4C).

Tabel 5.4. Stikstof Oostrand Veehouderij: De kosteneffectiviteit van het generieke mestbeleid (A), van vergaande brongerichte (B) en effectgerichte (C) maatregelen. De kosteneffectiviteit van het generieke mestbeleid GM2009 is berekend t.o.v. MINAS2005 en van de vergaande maatregelen t.o.v. GM2009 (in geel weergegeven). Maatregelen met een negatief effect zijn in rood weergegeven, maatregelen met een positief financieel effect in blauw.

		landbouw	bodem	oppervlaktewater		
		kosten euro ha ⁻¹	overschot kg ha ⁻¹	belasting kg ha ⁻¹	afname %	kosteneffectiviteit euro kg ⁻¹ N
A	Generiek mestbeleid (GM)					
1	MINAS2005	0	187	17,8	0	0,0
2	GM2006	61	202	20,1	-13	-26,5
3	GM2009	65	172	15,9	11	34,2
B	Vergaande brongerichte maatregelen					
3	GM2009	0	172	15,9	0	0,0
4	15% beheersgras	19	180	17,0	-7	-17,3
6	extensiveren + biologisch	-133	90	8,5	47	-18,0
7	extensiveren + biologisch krachtvoer	26	90	8,5	47	3,5
5	extensiveren	370	85	8,2	48	48,1
8	extensiveren + 15% beheersgras	413	85	8,2	48	53,6
9	minder jongvee + opstallen	300	70	7,3	54	34,9
C	Effectgerichte maatregelen					
3	GM2009	0	172	15,9	0	0,0
20	moerasbufferstroken (2,5%)	93		12,0	25	23,7
21	helofytenfilters (2,5%)	115		10,0	37	19,4
22	helofytenfilters (5%)	229		8,0	50	29,0

5.3 Fosfor

5.3.1 Noordwesthoek - Akkerbouw

Bij bemesting volgens Goede Landbouwpraktijk heeft het generieke mestbeleid geen effect op de P-belasting van het oppervlaktewater. Als tot voorkort de beschikbare MINAS-ruimte wel maximaal werd opgevuld dan vindt op termijn wel een afname in de P-emissies naar het oppervlaktewater plaats (Tabel 5.5A).

De meest voor de handliggende vergaande brongerichte maatregel is vermindering van de P-aanvoer (Tabel 5.5B). De kosten van deze maatregel lopen al snel op als dierlijke mest door kunstmest wordt vervangen. Ook kunnen de landbouwkundige kosten van P-uitmijning (geen P-aanvoer) sterk toenemen als door uitmijning de P-toestand van de bodem onder het landbouwkundig gewenste niveau zakt, maar dit is in deze studie niet meegenomen.

Grasbufferstroken zijn niet kosteneffectief in het verwijderen van fosfor en worden hier verder niet besproken. De effectiviteit van de moerassystemen is sterk afhankelijk van het grondbeslag en het uitgevoerde beheer (Tabel 5.5C). Moerasbufferstroken zijn zonder aangepast beheer niet kosteneffectief. Het begin september maaien van riet is wel een kosteneffectieve manier om de P-belasting van het oppervlaktewater te verminderen. Door de relatief lage P-belasting zijn helofytenfilters die iedere zes jaar worden uitgebaggerd overgedimensioneerd. Een ruimtebeslag tussen de 2,5 en 5% lijkt voldoende te zijn.

De kosteneffectiviteit van moerassystemen is gemiddeld genomen vergelijkbaar met die van P-uitmijning. Wel kunnen met moerassystemen hogere rendementen worden behaald.

Tabel 5.5. Fosfor Noordwesthoek Akkerbouw: De kosteneffectiviteit van het generieke mestbeleid (A; vergaande brongerichte (B) en effectgerichte (C) maatregelen. De kosteneffectiviteit van het generieke mestbeleid GM2009 is berekend t.o.v. MINAS2005 en van de vergaande maatregelen t.o.v. GM2009 (in geel weergegeven). Maatregelen met een negatief effect zijn in rood weergegeven, de maximale effectiviteit van moerassystemen is op 80% gesteld (paars weergegeven). Moerassystemen: S=standaard; M=maaien september; B=baggeren.

		landbouw kosten euro ha ⁻¹	bodem overschot kg ha ⁻¹	oppervlaktewater		
				belasting kg ha ⁻¹	afname %	kosteneffectiviteit euro kg ⁻¹ P
A	Generiek mestbeleid (GM)					
1	MINAS2005 (maximale ruimte)	54	22	1,3	-18	-270
2	MINAS2005 (adviesbemesting)	0	10	1,1	0	0
7	GM2009 (mest voorjaar)	33	9	1,1	0	
B	Vergaande brongerichte maatregelen					
7	GM2009 (mest voorjaar)	0	9	1,1	0	0
15	P-aanvoer = 0,5 * afvoer + dierlijke mest	27	-9	0,9	18	135
16	P-aanvoer = 0,5 * afvoer	107	-9	0,9	18	535
17	P-aanvoer = 0 * afvoer	152	-21	0,7	36	380
C	Effectgerichte maatregelen					
7	GM2009 (mest voorjaar)	0	9	1,1	0	0
29	baggeren	50		1,0	10	455
19	S-moerasbufferstroken (2,5%)	163		0,9	15	1016
21	S-helofytenfilters (2,5%)	185		0,7	35	486
22	M-moerasbufferstroken (2,5%)	168		0,7	38	399
21	S-helofytenfilters (5%)	369		0,5	56	595
23	M-helofytenfilters (2,5%)	190		0,5	58	296
25	B-moerasbufferstroken (2,5%)	231		0,5	59	512
24	B-helofytenfilters (5%)	505		0,2	80	574
27	M-helofytenfilters (5%)	379		0,2	80	431
26	B-helofytenfilters (2,5%)	253		0,2	80	281

5.3.2 Oostrand akkerbouw

Voor de Oostrand geldt in grote lijnen hetzelfde verhaal als voor de Noordwesthoek (Tabel 5.6). De kosten van moerassystemen zijn vanwege het geringere saldoeverlies iets lager dan in de Noordwesthoek (Tabel 5.5). Per kg lagere P-belasting zijn de moerassystemen gemiddeld genomen kosteneffectiever dan het uitmijnen van percelen.

Tabel 5.6. Fosfor Oostrand Akkerbouw: De kosteneffectiviteit van het generieke mestbeleid (A), vergaande brongerichte (B) en effectgerichte (C) maatregelen. De kosteneffectiviteit van het generieke mestbeleid GM2009 is berekend t.o.v. MINAS2005 en van de vergaande maatregelen t.o.v. GM2009 (in geel weergegeven). Maatregelen met een negatief effect zijn in rood weergegeven, de maximale effectiviteit van moerassystemen is op 80% gesteld (paars weergegeven). Moerassystemen: S=standaard; M=maaien september; B=baggeren.

Oostrand Akkerbouw P-maatregelen		landbouw kosten euro ha ⁻¹	bodem overschot kg ha ⁻¹	oppervlaktewater		
				belasting kg ha ⁻¹	afname %	kosteneffectiviteit euro kg ⁻¹ P
A Generiek mestbeleid (GM)						
1	MINAS2005 (maximale ruimte)	37	17	1,5	-15	-185
2	MINAS2005 (adviesbemesting)	0	8	1,3	0	0
7	GM2009 (mest voorjaar)	22	8	1,3	0	0
B Vergaande brongerichte maatregelen						
7	GM2009 (mest voorjaar)	0	8	1,3	0	0
15	P-aanvoer = 0,5 * afvoer + dierlijke mest	40	-11	1,1	15	200
16	P-aanvoer = 0,5 * afvoer	95	-11	1,1	15	475
17	P-aanvoer = 0 * afvoer	141	-24	0,9	31	353
C Effectgerichte maatregelen						
7	GM2009 (mest voorjaar)	0	8	1,3	0	0
29	baggeren	50		1,2	10	385
20	S-moerasbufferstroken (2,5%)	113		0,9	14	625
21	S-helofytenfilters (2,5%)	135		0,8	35	292
26	B-moerasbufferstroken (2,5%)	181		0,8	37	376
23	M-moerasbufferstroken (2,5%)	118		0,7	49	184
24	M-helofytenfilters (2,5%)	140		0,6	55	194
22	S-helofytenfilters (5%)	269		0,4	70	296
27	B-helofytenfilters (2,5%)	203		0,3	78	199
28	B-helofytenfilters (5%)	405		0,3	80	389
25	M-helofytenfilters (5%)	279		0,3	80	268

5.3.3 Oostrand Veehouderij

In tegenstelling tot de akkerbouw heeft het generieke mestbeleid wel effect op de P-belasting van het oppervlaktewater. Deze neemt met 23% af (Tabel 5.7A). In de veehouderij zijn er geen 'betaalbare' opties om middels vergaande brongerichte maatregelen de P-belasting verder te verminderen. Dit zou betekenen dat veel dierlijke mest buiten het bedrijf afgezet moet worden. Voor de veehouderij blijven er dus alleen effectgerichte maatregelen over. De kosten van deze maatregelen zijn i.h.a. iets lager dan voor de akkerbouw (Tabel 5.7C).

Tabel 5.7. Fosfor Oostrand Veehouderij De kosteneffectiviteit van het generieke mestbeleid (A) en van retentieverhogende (C) maatregelen. De kosteneffectiviteit van het generieke mestbeleid GM2009 is berekend t.o.v. MINAS2005 en van de vergaande maatregelen t.o.v. GM2009 (in geel weergegeven). Maatregelen met een negatief effect zijn in rood weergegeven, de maximale effectiviteit van moerassystemen is op 80% gesteld (paars weergegeven). Moerassystemen: S=standaard; M=maaïen september; B=baggeren.

Oostrand Veehouderij P-maatregelen		landbouw kosten euro ha ⁻¹	bodembodem overschot kg ha ⁻¹	oppervlaktewater		
				belasting kg ha ⁻¹	afname %	kosteneffectiviteit euro kg ⁻¹ P
A Generiek mestbeleid (GM)						
1	MINAS2005	0	18	1,3	0	0
2	GM2006	61	1	1,0	23	203
3	GM2009	65	2	1,0	23	217
C Effectgerichte maatregelen						
3	GM2009	0	2	1,0	0	0
28	baggeren	50		0,9	10	500
19	S-moerasbufferstroken (2,5%)	93		0,9	13	712
20	S-helofytenfilters (2,5%)	115		0,7	35	327
22	M-moerasbufferstroken (2,5%)	98		0,6	39	250
25	B-moerasbufferstroken (2,5%)	161		0,6	43	373
21	S-helofytenfilters (5%)	229		0,4	57	402
23	M-helofytenfilters (2,5%)	120		0,4	61	196
26	B-helofytenfilters (2,5%)	183		0,2	80	228
27	B-helofytenfilters (5%)	365		0,2	80	456
24	M-helofytenfilters (5%)	239		0,2	80	299

5.4 Bandbreedten N en P reductie

In Tabel 5.8 is landbouwkundig gezien steeds de goedkoopste N- en P-maatregel weergegeven bij verschillende belastingreductiepercentages. Mocht een maatregel tot hogere reductie leiden, maar goedkoper zijn dan een maatregel die tot een lagere belasting leidt dan is gekozen voor de eerstgenoemde maatregel. Deze maatregelen zijn vervolgens gebruikt om op gebiedsniveau de kosteneffectiviteit van maatregelen door te rekenen (Tabel 5.9)

Tabel 5.8. **De landbouwkundig gezien goedkoopste vergaande maatregel om tot een bepaald reductiepercentage in N- en P-belasting van het oppervlaktewater te komen.**

Reductie	N-maatregel	euro/ ha	euro/kg N	Reductie	P-Maatregel	euro/ ha	euro/kg P
<i>Akkerbouw Noordwest Hoek</i>							
10%	gebruik vaste fractie	-5	-5	10%	P-aanvoer = 0,5* afvoer + dierlijke mest	27	135
25%	moerasbufferstroken	163	26	20%	P-aanvoer = 0,5* afvoer + dierlijke mest	27	135
50%	helofytenfilters 5%	369	62	40%	P-uitmijning	152	380
				60%	periodiek uitgraven moerasbufferstroken	231	512
<i>Akkerbouw Oostrand</i>							
10%	gebruik vaste fractie	6	4	10%	P-aanvoer = 0,5* afvoer + dierlijke mest	40	200
25%	geen organische mest	56	19	20%	P-aanvoer = 0,5* afvoer + dierlijke mest	40	200
50%	moerasbufferstroken	269	40	40%	maaien helofytenfilters (2,5%) in september	140	194
				60%	maaien helofytenfilters (2,5%) in september	140	194
<i>Veehouderij Oostrand</i>							
10%				10%	baggeren	50	455
25%	moerasbufferstroken	93	24				
50%	helofytenfilters (5%)	229	29	40%	maaien moerasbufferstrook in september	98	250
				60%	maaien helofytenfilters (2,5%) in september	120	196

In Tabel 5.9 zijn de gegevens weergegeven van de huidige emissies uit landbouwgrond (ER-collectief), zie ook 2.3.2. Voor stikstof komen de gegevens van het ER-collectief goed overeen met de berekende emissies met het model van Mol-Dijkstra *et al.* (1999). Immers het is te verwachten dat het meststoffengebruik in de afgelopen jaren tussen de maximale MINAS-gebruiksruimte en bemesting volgens Goede Landbouwpraktijk (adviesbemesting) in zit.

Met het model van Mol-Dijkstra *et al.* (1999) berekenen wij lagere P-emissies dan het ER-collectief. Anderzijds wijkt de door ons berekende P-uitspoeling niet sterk af van metingen die in het verleden aan drains zijn verricht (Brongers *et al.*, 1996; Huinink & de Waard en De Geus-van den Eijk *et al.*, 1997).

Tabel 5.9. **Jaarlijkse emissies, kosten en kosteneffectiviteit (KE) van maatregelen om de N- en P-belasting naar het oppervlaktewater te verminderen in de Noordwesthoek en de Oostrand. Referentie is MINAS GLP.**

	Noordwesthoek				Oostrand			
	emissie ton	besparing ton	kosten keuro	KE euro kg ⁻¹	emissie ton	besparing ton	kosten keuro	KE euro kg ⁻¹
Stikstof								
Er-collectief	396				295			
MINAS max	415				298			
MINAS GLP	263	0	0	0	2301	0	0	0
GM2009	185	79	544	6,9	174	57	431	7,5
+10%	169	94	475	5,1	162	69	482	7,0
+25%	136	127	2924	23,1	134	96	1256	13,0
+50%	91	172	5957	34,6	86	145	3575	24,7
Fosfor								
Er-collectief	46				26			
MINAS max	20				18			
MINAS GLP	17	0	0	0	16	0	0	0
GM2009	17	0,4	544	1347	15	1,1	431	382
+20%	14	3,3	985	298	13	3,2	959	299
+40%	10	6,5	2780	429	7	8,6	1988	232
+60%	7	9,5	3900	410	7	9,3	2070	222

Voor stikstof valt op dat de kosten tot 10% reductie in N-belasting meevallen. Wordt een hogere reductie in N-belasting nagestreefd dan nemen de kosten snel toe. Het GM2009 is weinig kosteneffectief in het

verminderen van de P-belasting, althans als momenteel volgens advies (Goede Landbouwpraktijk) wordt bemest. De lagere kosteneffectiviteit in de Noordwesthoek dan in de Oostrand heeft te maken met het hogere aandeel akkerbouw in de Noordwesthoek. Opvallend is verder dat i.t.t. de kosteneffectiviteit per verwijderde kilo N, de kosteneffectiviteit per kilo verwijderde P niet per definitie afneemt naarmate de belasting verder wordt teruggedrongen.

6 Maatregelen carbendazim in de bollenteelt

6.1 Algemeen

Zoals aangegeven in Hoofdstuk 2.2.2. wordt alleen aandacht besteed aan de kosteneffectiviteit van maatregelen om de carbendazimbelasting van het oppervlaktewater te verminderen. Momenteel wordt carbendazim in de bollenteelt nauwelijks meer gebruikt, dit is vervangen door thiofanaat-methyl (Topsin M). Topsin M heeft dezelfde werking als carbendazim, omdat thiofanaat-methyl wordt omgezet in carbendazim. In hoeveel carbendazim Topsin M omgezet wordt en wanneer de omzetting plaatsvindt, is niet bekend. Daarom nemen we aan dat uit Topsin M dezelfde hoeveelheid carbendazim uit kan spoelen; aannemende dat de verschillende stoffeïenschappen geen rol spelen.

De in de bollenteelt gebruikte carbendazim komt vooral via puntmissies in het oppervlaktewater. In dit hoofdstuk zal daarom geen aandacht worden besteed aan diffuse belasting (d.w.z. veldbespuitingen). Maatregelen die puntmissies van carbendazim verminderen, verminderen tevens de emissies van imidacloprid (Admire) en pirimifos-methyl (Actellic). Daarom worden deze laatstgenoemde middelen ook meegenomen bij het berekenen van de kosteneffectiviteit van maatregelen.

6.2 Arealen & middelgebruik

In Tabel 6.1 is voor Flevoland het aantal bedrijven en arealen met bloembollen weergegeven. De helft van het totale areaal (namelijk 1293 ha) wordt in de Noordwesthoek geteeld (zie ook Hoofdstuk 2).

Tabel 6.1. **Aantal bedrijven en arealen bloembollen in Flevoland.**

		# bedrijven	areaal (ha)	bron
bedrijven met bloembollen	totaal	211	2560	cbs landbouwtelling 2005
	tulp	176	1677	
	lelie	32	395	
	gladiool	23	221	
Vervolg gebaseerd op tulp lelie en gladiool, aanname dat het 211 bedrijven betreft (meerdere teelten per bedrijf).				
gemiddeld areaal per bedrijf	9,9	ha		
spoelbedrijven in Flevoland	110	stuks	schatting ppo; wordt uitgezocht door Zuiderzeeland	
bollencellen in Flevoland	211	stuks	aanname: iedere teler een schuur	

Puntbelasting van gewasbeschermingsmiddelen kan optreden bij dompeling vóór planten, bij gassen (alleen pirimifos-methyl) en bij spoelen. Het middelgebruik is in Tabel 6.2 gegeven.

Tabel 6.2. **Middelgebruik bij dompeling, gassen en spoelen per ha landbouwgrond en totaal Flevoland (gegevens CBS, 2004).**

Toepassing	Middel	gram ha ⁻¹			gram totaal areaal			
		tulp	lelie	gladiool	tulp	lelie	gladiool	totaal
Dompeling vóór planten	thiofanaat-methyl (Topsin M) ¹	2,800	2,066	0,692	4695	816	153	5664
	imidacloprid (Admire) ²	0,104	0,184	0,221	174	73	49	295
	pirimifos-methyl (Actellic) ³		0,316		-	125	-	125
Gassen	pirimifos-methyl (Actellic) ³	0,177		0,356	297	-	79	376
Spoelen	Restanten van middelen in waterbassin	nb	nb	nb				

1: tegen schimmels, breekt af in o.a. carbendazim

2: tegen groene perzikluis, katoenluis en zwarte bonenluis en gladiolentrips

3: tegen bollenmijt

6.3 Kosteneffectiviteit maatregelen

6.3.1 Emissieroutes

De gewasbeschermingsmiddelen kunnen via de volgende emissieroutes in het oppervlaktewater terechtkomen:

1. Lekkage van middelen bij wegtransport van ontsmette bollen
2. Lekkage van middelen van fust bij neerslag.
3. Lekkage van middelen via condensvocht met daarin opgelost pirimifos methyl, middelen die met bollen en grond meekomen en aan het water van het bassin afgegeven worden
4. Lekkage van middelen bij spoelen van bollen (via bassin)

In Tabel 6.3 is weergegeven bij welke vorm van middelengebruik de bovenstaande emissieroutes van belang zijn.

Tabel 6.3. **Emissieroutes per toepassing (Bron, CBS 2004).**

Toepassing	Middel	Emissieroutes			
		1	2	3	4
Dompeling	thiofanaat-methyl (Topsin M)	x	x		x
	imidacloprid (Admire)	x	x		x
	pirimifos-methyl (Actellic)	x	x		x
Gassen	pirimifos-methyl (Actellic)		kleefstof	x	
Spoelen	Restanten van middelen in waterbassin				x

6.3.2 Kosteneffectiviteit maatregelen per emissieroute

Emissieroute 1: Lekkage van middelen bij wegtransport van ontsmette bollen.

Maatregel: Gebruik van vloeistofdichte vloer op het transportmiddel (met goten en opvangtank)

- Bij 2 uur (aangenomen als standaard) uitlekken, blijft nog 0,5% van de vloeistof in het fust achter. Het is niet bekend hoeveel van het plantmateriaal over de weg vervoerd wordt.
- In het worstcase scenario kan dit maximaal naar het oppervlaktewater uitlekken tijdens transport (bron: Intern onderzoek PPO).

Tabel 6.4 **Emissieroute 1: Lekkage van middelen bij wegtransport van ontsmette bollen.**

Maatregel	Gebruik van vloeistofdichte vloer op het transportmiddel (met goten en opvangtank)			
Kosten	Benodigde investering per bedrijf	omschrijving	afschrijving (jaar)	investering (euro)
-	aanpassing wagen met vloeistofdichte vloer, incl goten en opvangbak	lengte 6 m	7	1000
	TOTAAL (investering)			1000
	Jaarkosten per bedrijf	omschrijving	(percentage)	jaarkosten
	extra benodigde arbeidsinput	2 uur		60
	afschrijving, rente, onderhoud		20%	200
	TOTAAL (jaarlijks):			
	-per bedrijf			260
	-per ha			26
	-Flevoland			54860
Emissiebeperking	<i>Maximale emissie</i>	0,5%	als alle middel naar het oppervlaktewater uitlekt (worst case)	
	Besparing: max 100%			
	- thiofanaat-methyl	28,32	kg werkz st besparing in Flevoland	
	- imidacloprid	1,48	kg werkz st besparing in Flevoland	

Emissieroute 2: Lekkage van middelen van fust bij neerslag

Maatregel: Plaatsing van fust 5 meter uit de sloot plus plaatsen onderdak

In verleden is door PPO intern onderzoek gedaan naar de afspoeling van carbendazim vanaf fustmateriaal. Momenteel wordt Topsin M voor hetzelfde doel gebruikt. In een worst case scenario kan al het af te spoelen middel in het oppervlakte water terechtkomen. Er wordt uitgegaan van multiplexkisten en een stapeling van 3 kisten hoog. Geschat is dat een bedrijf van 10 hectare 400 kisten gebruikt. De berekende bodembelasting is dan 0,075 – 2,2 gram m².

Tabel 6.5. **Emissieroute 2: Lekkage van middelen van fust bij neerslag.**

Maatregel	Plaatsing van fust 5 meter uit de sloot; plus plaatsen onderdak.			
Kosten	Benodigde investeringen per bedrijf	omschrijving	afschrijving (jaar)	totale investering (euro)
-	overdekking incl verharde vloer	200 m ²	20	24000
	TOTAAL:			24000
	Jaarkosten per bedrijf	uren	(percentage)	jaarkosten
	extra benodigde arbeidsinput	nihil		
	afschrijving, rente, onderhoud		13,0%	3120
	TOTAAL:			
	-per bedrijf			3120
	per ha			314
	-Flevoland			658320
Emissiebeperking	Maximale emissie per hectare teelt	0,03	vloeistof als alle middel naar het oppervlaktewater uitlekt (worst case)	
	Besparing: max 100%			
	- thiofanaat-methyl	67,76	kg werkz st besparing in Flevoland	
	- imidacloprid	?		
	- pirimifos-methyl	?		

Emissieroute 3: Lekkage van middelen via condensvocht met daarin opgelost pirimifos methyl

Maatregel: Opvangbak, waarin condensvocht uit de bewaarcel opgevangen wordt.

Het condensvocht dat uit de bewaarcel vrijkomt, kan uitspoelen naar het oppervlaktewater. Er zijn grote verschillen in uitstoot pirimifos-methyl per liter condensvocht. In het worst case scenario kan dit condensvocht volledig in het oppervlaktewater terechtkomen. Bij lelie wordt niet gegast. Het aantal bedrijven met alleen lelie

is niet bekend; daarom is geen correctie op het aantal bedrijven uitgevoerd. De productie aan condensvocht is ook niet bekend. Geschat wordt dat op basis van 3 maanden koelen, met per dag gemiddeld per cel, 20 liter condensvocht wordt geproduceerd.

Tabel 6.6. **Maatregel bij emissieroute 3: Lekkage van middelen via condensvocht met daarin opgelost pirimifos methyl.**

Maatregel	Opvangbak, waarin condensvocht uit de bewaarcel opgevangen wordt.			
Kosten	Benodigde investeringen per bedrijf	Omschrijving	afschrijving (jaar)	Investering (euro)
	opvangbak prijs is schatting	incl. leidingen	10	750
	TOTAAL			750
	Jaarkosten per bedrijf		(%)	Jaarkosten
	extra benodigde arbeidsinput	3 uur		90
	leggen en verspuiten opvangbak			
	kosten van de aanpassing		17,5%	131
	TOTAAL:			
	-bedrijf			221
	-per ha			22
	-Flevoland			46631
Emissiebeperking	Maximale emissie per bedrijf			
	- pirimifos-methyl	90 microgram/ liter condensvocht	bron: intern onderzoek PPO	
	- output aan condensvocht:	1800	l/ bedrijf/ etmaal of per seizoen	
	<i>Gevolg van deze maatregel</i>			
	Besparing:100%			
	pirimifos-methyl	34	kg werkz st besparing in Flevoland, worst case	

Emissieroute 4: Lekkage van middelen bij spoelen van bollen (via bassin)

Maatregel: Gebruik van spoelbassin met gesloten ondergrond

Het betreft de emissie van middelen in het spoelwater, die via het bassin in het oppervlaktewater terecht komen. Afbraak van middel in het spoelwater wordt verwaarloosd, niet bekend of sprake is van gesloten spoelsysteem. Er zijn gegevens bekend over bodembelasting van Carbendazim, Tolchlofos Methyl en Prochloraz (SC-DLO rapport 567). Het is niet bekend of deze gegevens vergelijkbaar zijn met de situatie in de Flevoland.

Er zijn wel cijfers over bodembelasting bekend, maar een doorberekening naar grond- en oppervlaktewater is niet beschikbaar. Om bovenstaande redenen kunnen we geen inschatting maken van de verwachte effectiviteit van de maatregel.

Tabel 6.7. **Emissieroute 4: Gebruik van spoelbassin met gesloten ondergrond.**

Maatregel	Gebruik van spoelbassin met gesloten ondergrond.			
Kosten	Benodigde investeringen	omschrijving	afschrijving (jaar)	totale investering
	extra investering	2000 m ²	5	24.000
	ondergrond klei			
	TOTAAL			24.000
	Jaarkosten per bedrijf	omschrijving	(percentage)	Jaarkosten
extra benodigde arbeidsinput			4.800	
afschrijving, rente, onderhoud		20%		
TOTAAL:				
-ha			484	
-bedrijf			4800	
-Flevoland			528000	
Emissiebeperking	<i>Maximale emissie per bedrijf</i>	oppervlakte-waterbelasting niet bekend	bodembelasting Carbendazim 32 g/j/ 2000 m ² bassin bron: Rapport 567 sc-dlo Wageningen 1998	

6.3.3 Vergelijk maatregelen

Maatregel 2 levert de grootste reductie in het gebruik van thiofanaat-methyl op. Echter de kosteneffectiviteit van deze maatregel is veel geringer dan van maatregel 1 (Tabel 6.8).

Tabel 6.8. **Kosteneffectiviteit van de verschillende emissiereducerende maatregelen (1 t/m 3).**

Middel	gebruik	reductie kg werkzame stof			totale kosten (euro's)			euro kg ⁻¹ werkzame stof		
		1	2	3	1	2	3	1	2	3
thiofanaat-methyl	5664	28,3	67,8		54860	658320	46631	1937	9715	
imidacloprid	295	1,5			54860	658320		37068		
pirimifos-methyl	501			34	54860					1372

7 Discussie

7.1 Berekening effectiviteit

7.1.1 Brongerichte maatregelen

De effectiviteit van brongerichte maatregelen wordt in twee stappen bepaald. Eerst wordt de afname van het bodemoverschot bepaald, vervolgens wordt nagegaan welk deel van het bodemoverschot in het oppervlaktewater terechtkomt.

De afname in het bodemoverschot is vaak goed op basis van een groot aantal veldexperimenten gekwantificeerd, bovendien is de nutriëntenaanvoer en -afvoer relatief gemakkelijk te bepalen. De belasting van het oppervlaktewater is veelal gebaseerd op modelberekeningen, en wordt sterk bepaald door geohydrologische omstandigheden. Daarnaast speelt ook nalevering uit opgebouwde bodemvoorraden (nailleffect) een belangrijke rol mee.

In deze studie is het 'Metamodel landbouwgronden' van Mol-Dijkstra et al. (1999) gebruikt om emissies naar het oppervlaktewater te berekenen. Het 'Metamodel landbouwgronden' is gebaseerd op 'oudere' berekeningen met het STONE-instrumentarium. In verschillende door LNV gefinancierde projecten wordt momenteel aandacht besteed aan een verbeterde beschrijving van bodemprocessen en transportroutes. Een belangrijke transportroute, die ook in de nieuwste versie van STONE nog onderbelicht blijft, is maaiveld drainage (afspoeling) van nutriënten naar het oppervlaktewater. Bij afspoeling wordt vooral particulier N en P aangetroffen, terwijl bij uitspoeling dit vooral orthofosfaat en nitraat zijn (van den Eertwegh *et al.*, 1999; Brongers *et al.*, 1996; Geus-van der Eijk *et al.*, 1997). Opvallend is daarom dat STONE ook een aanzienlijke emissie van ammonium en organisch N berekent (Tabel 4.1). De vorm waarin N en P wordt aangetroffen heeft namelijk grote invloed op de effectiviteit van inrichtingsmaatregelen als bufferstroken en zuiveringsmoerassen (zie 7.1.2). Inrichtingsmaatregelen zijn vaak effectiever als er in verhouding meer particulier N en P worden aangetroffen. Naast het verder actualiseren van het STONE-instrumentarium verdient het aanbeveling om tegelijkertijd ook de afgeleide regressievergelijkingen te actualiseren. Hierbij zou ook rekening gehouden moeten worden met nailleffecten over verschillende tijdsperiodes. Dit maakt het ook mogelijk om de lange en korte termijneffecten van brongerichte versus effectgerichte maatregelen te evalueren.

7.1.2 Effectgerichte maatregelen

In deze studie is een eerste aanzet gegeven tot het berekenen van de kosteneffectiviteit van effectgerichte maatregelen. Het gaat daarbij om bufferstroken, zuiveringsmoerassen en baggeren.

Grasbufferstroken

Grasbufferstroken zijn met name efficiënt in het vasthouden van nutriënten, die via afspoeling in de bufferstrook terechtkomen (zie van Beek *et al.*, 2006). In deze studie zijn wij ervan uitgegaan dat ongeveer de helft van de N en P die afspoelt, wordt vastgehouden. Echter afspoeling van nutriënten, met name P wordt in modelberekeningen waarschijnlijk sterk onderschat. Het afspoelende water op vlakgelegen kleigrond stroomt naar de laagst gelegen plekken in het perceel, waardoor plasvorming ontstaat. Om natschade aan gewassen te voorkomen worden greppels direct naar de sloot gegraven waardoor de bufferstrook wordt omzeild. Hierdoor kan een aanzienlijk deel van de nutriënten in het oppervlaktewater terechtkomen. Beter zou zijn als deze nutriënten in het perceel zelf worden opgevangen, bijvoorbeeld door natte plekken niet te betelen of in een greppel in de akkerrand.

Moerasbufferstroken

Ook de efficiëntie van natte bufferstroken is sterk afhankelijk van de transportroute van nutriënten. In Flevoland komen nutriënten voornamelijk via drains of afspoeling in de bufferstrook. Belangrijk is dan dat de

verblijftijd in de bufferstrook voldoende is. In deze studie hebben wij een flink aantal aannames moeten doen over de verblijftijd van nutriënten in moerasbufferstroken met een drempel tussen bufferstrook en sloot. Vanaf 2007 wordt op proefbedrijf Vredepeel de effectiviteit van dergelijke moerasbufferstroken proefondervindelijk vastgesteld. In de Nederlandse oppervlaktewateren worden voornamelijk plasdrasbermen (accoladeprofielen) aangelegd. Hierbij staan het uit- en afspoelende water direct in contact met het slootwater. Ook de efficiëntie van deze plasdrasbermen is echter onbekend.

Helofytenfilters

In Clevering (2006) wordt uitgebreid ingegaan op de berekening van de effectiviteit van helofytenfilters. De vertaalslag vanuit de (buitenlandse) literatuur blijkt een heikel punt, zolang er nog onvoldoende gegevens zijn van in Nederland uitgevoerde experimenten

In deze studie is het ruimtebeslag van de systemen als uitgangspunt genomen, waarbij van te voren geen zuiveringsdoel is gesteld. Het is (vaak) ook niet zinvol om te zuiveren tot zeer lage concentraties. Het zou namelijk een enorm ruimtebeslag vergen. In deze studie is een ruimtebeslag van 5% al erg hoog voor een kosteneffectieve zuivering.

Bij de aanleg van zuiveringsmoerassen kan worden gekozen voor één groot moeras benedenstreams, of meerdere kleinere moerassen bovenstreams. Benedenstreams gelegen moerassen bieden goede mogelijkheden voor stikstofverwijdering, omdat deze moerassen in de zomerperiode niet droogvallen. Bovendien is voor stikstofverwijdering weinig onderhoud aan de moerassen nodig.

Voor vastlegging van fosfor is het minder erg dat moerassen in de zomerperiode droogvallen. Belangrijk is dat moerassen in de loop van de tijd niet met fosfor verzadigd raken en daardoor gaan naleveren. Nalevering kan niet alleen optreden door een te hoge belasting, maar ook als het oppervlaktewater in de loop van de tijd steeds schoner wordt. Hierdoor kan het probleem van fosfaatlekkende gronden zich verplaatsen naar een probleem van fosfaatlekkende moerassen. Het beheer van fosfaatmoerassen is erg belangrijk; moerassen moeten kunnen worden gemaaid (het liefst in september), maar ook periodiek uitgegraven of gesaneerd kunnen worden. Voor fosfaat zijn kleine, gemakkelijk toegankelijke moerassen daarom de beste oplossing.

7.1.3 Perspectieven effectgerichte maatregelen

In deze studie zijn alleen moerassystemen en baggeren doorgerekend. Baggeren is een maatregel die in de praktijk wordt uitgevoerd. Belangrijk is dat het bagger niet op de perceelsrand wordt neergelegd. De moerassystemen blijken kosteneffectief te zijn ten opzichte van vergaande brongerichte maatregelen.

Waarschijnlijk valt ook nog redelijk veel winst te behalen met minder vergaande maatregelen als slootinrichting en -beheer. Slootverlening en –verbreding verhogen de nutriëntenretentie aanzienlijk. Ook het laten dichtgroeien van sloten of greppels met riet kan een goede optie zijn om nutriënten vast te houden (De Klein et al., 2006; De Klein & Koelmans, 2006; Delleman & Jorna, 1999). Dit laatste kan echter op gespannen voet staan met de afvoerfunctie van sloten en greppels. Tot slot kunnen ook aanpassingen aan drainage een goede mogelijkheid bieden om de nutriëntenuitspoeling naar het oppervlaktewater te verminderen. Vooral het steeds intensiever draineren zoals in de Noordwesthoek gebeurt, heeft waarschijnlijk een sterk negatief effect op de waterkwaliteit.

De kosteneffectiviteit van KRW-maatregelen kan nog aanzienlijk toenemen als wordt meegelift met natuurontwikkeling (groenblauwe doorradering) en/of WB21. In het laatste geval gaat het vooral om verbreding van watergangen ten behoeve van het vasthouden van water in de haarvaten.

8 Conclusies & aanbevelingen

Voor de Noordwesthoek van de Noordoostpolder en de Oostrand van Flevoland is de kosteneffectiviteit van vergaande bron- en effectgerichte maatregelen op de N- en P-belasting van het oppervlaktewater berekend. Daarnaast is de kosteneffectiviteit van maatregelen om puntlozingen van thiofanaat-methyl (Topsin M) te verminderen bepaald. Thiofanaat-methyl wordt omgezet in carbendazim.

8.1 Conclusies

- In het gebruikte rekenmodel wordt geen rekening gehouden met de door bemesting opgebouwde N-voorraad in de bodem, dit betekent dat in werkelijkheid de N-belasting door brongerichte maatregelen iets minder snel zal afnemen.
- Het generieke mestbeleid leidt tot een sterke afname van het N-overschot (van 120-123 naar 84-89 kg) voor de akkerbouw op klei. Deze afname komt omdat vanaf 2009 herfsttoediening van mest op klei niet goed meer mogelijk is, vanwege de hogere wettelijke N werkingscoëfficiënt van dierlijke mest. De verwachte afname van de belasting van het oppervlaktewater bij bemesting volgens advies is ca. 33%.
- Het generieke mestbeleid leidt voor de veehouderij tot een veel geringere afname van het N-overschot (van 187 naar 172 kg), en ca. 11% lagere belasting van het oppervlaktewater.
- Het generieke mestbeleid heeft voor akkerbouw op klei geen invloed op de P-belasting; voor de veehouderij neemt het P-bodemoverschot van 18 naar 2 kg/ha af, de belasting van het oppervlaktewater neemt met 13% af.
- In de akkerbouw is in principe nog verdere aanscherping van het mestbeleid nog mogelijk. Dit gaat echter ten koste van de aanvoer van dierlijke mest. Voor de akkerbouwer betekent dit dat op een alternatieve (duurdere) manier in de organische stofvoorziening van percelen moet worden voorzien. Voor de veehouderij betekent dit dat het nog lastiger wordt om mest buiten het bedrijf af te zetten. Maatregelen zoals het afvoeren van gewasresten zijn voor de akkerbouw erg duur, en niet kosteneffectief.
- Voor de veehouderij is verdere aanscherping van het mestbeleid erg kostbaar, omdat mest buiten het bedrijf moet worden afgezet.
- De aanleg van grasbufferstroken is niet kosteneffectief vanwege de aanwezigheid van buisdrainage in Flevoland. Voor substantiële vermindering van de belasting van het oppervlaktewater met N en P (> 40%) zijn moerasbufferstroken en helofytenfilters veelal goedkoper dan brongerichte maatregelen of extensivering van de bedrijfsvoering. Maatregelen als moerasbufferstroken en helofytenfilters kunnen bovendien goed meeliften met WB21-maatregelen en natuurontwikkeling.
- In de provincie Flevoland is carbendazim één van de probleemstoffen in de gewasbescherming. Bij de bloembollenteelt kan carbendazim via puntmissie in het oppervlaktewater terechtkomen. Het plaatsen van fust onderdak, minimaal 5 meter uit de sloot is de meest kosteneffectieve methode om de belasting van het oppervlaktewater te verminderen.

8.2 Aanbevelingen

- Voor deze studie is een iets verouderd metamodel van Mol-Dijkstra (1999) gebruikt, waarbij geen rekening gehouden wordt met de opgebouwde stikstofvoorraad. Voor kosteneffectiviteitsstudies is het zinvol dat regelmatig nieuwe metamodellen, afgeleid van het STONE-instrumentarium beschikbaar komen.
- Voor een goede onderbouwing van de kosteneffectiviteit van effectgerichte maatregelen zijn modelstudies, maar ook experimentele proefopzetten noodzakelijk.
- Het is bekend dat retentie van nutriënten in haarvaten een belangrijk mechanisme is. Retentie kan nog verder worden verhoogd door aanpassingen in slootbeheer en -inrichting. Het verdient dan ook

aanbeveling om in verschillende regio's uitgebreid onderzoek te verrichten naar de mogelijkheden om retentieprocessen in sloten te optimaliseren.

- Naast maatregelen in watergangen verdient het ook aanbeveling om kritisch naar de ontwatering van percelen te kijken. In Flevoland zou bijvoorbeeld een pilot kunnen worden gestart, waarbij verschillende drainagesystemen met elkaar worden vergeleken.

Referenties

- Beek, C.L. van, Clevering, O.A., Kater, L.J.M. en Reuler, H. van (2003). Maatregelen om de belasting van het oppervlaktewater met stikstof en fosfaat uit de landbouw te verminderen. Alterra-rapport 714.
- Beek, C.L. van, Heinen, M., Clevering, O.A. en Kleef, J. van (2006). Nitraatconcentraties in het bovenste grondwater in een bufferstrook en aangrenzende akker. Resultaten van twee jaar experimenteel onderzoek aan een grasbufferstrook op zandgrond op akkerbouwbedrijf Vredepeel. Alterra-rapport 1263
- Beek, C.L. van, Merkelbach, R. en Salm, C. van der (2005). Quick-scan effectiviteit van droge bufferstroken langs watergangen in de provincie Noord-Brabant. Alterra in opdracht van het project Actief Randenbeheer Brabant.
- Brongers, I., Eertwegh, G.A.P.H. van den, Groen, K.P. en Meinardi, C.R. (1996). Emissie van bestrijdingsmiddelen en nutriënten naar het oppervlaktewater via drainage. Flevobericht 384.
- Clevering, O.A., Smit B, Aandekerkerk T, Wees N. van (2004). Mogelijkheden voor hergebruik en zuivering van uitgespoelde nutriënten. PPO-rapport 530133
- Clevering, O.A., Hopster, G.K., Beek, A.J.C.M van, Spruijt, J. (2005). Natuurontwikkeling langs akkers. Evaluatie van zes jaar onderzoek naar het beheer van akkerranden en slootkanten op proefbedrijven. PPO-rapport 5300055.
- Clevering, O.A. (2006). Effectiviteit van moerasbufferstroken en helofytenfilters. Berekeningen ten behoeve van de projecten P-lekkende gronden en bufferstroken. PPO-rapport 32500141.
- Delleman, I.M.E., Jorna, F.J. (1999). Verlengde aanvoerweg goed alternatief voor natuurlijk zuiveringsfilter. Het Waterschap 84(22): 1032-1037.
- Dijk, W. van, Clevering, O.A., Schans, D. van der, Zande, J. van de, Porskamp H., Heinen, M., Smidt, R en Merkelbach, R. (2003). Effecten van bufferstroken op de kwaliteit van oppervlaktewater in Noord-Brabant. PPO-rapport 510318.
- Eertwegh, van den, G.A.P.H., Hoekstra, J.R. en Meinardi, C.R. (1999). Praktijkproef nutriëntenbalans. Nutriëntenbelasting van het oppervlaktewater via drainagewater van akkerbouwpercelen op zavelgrond: eindrapport. Wageningen Universiteit, Sectie Waterzuivering.
- Ehlert, P.A.I, Wijk, C.A.Ph. van en Dekker, P.H.M. (2003). Fosfaatbalansen op perceelsniveau. Scan van de resultaten van vier veeljarige proeven op bouwland. PPO 305.
- Geus - van der Eijk, J. van der Plas, L.J.T, Leistra M, Mul, M.I., Vader C., Matser A.M., Smelt, J.H. en Roelsma, J. (1997). "Uitspoeling van nutriënten en bestrijdingsmiddelen vanuit de akkerbouw en groenteteelt op kleigrond naar grondwater en waterlopen," Rep. No. 0927-4499.
- Haan, H. de en Veeningen, R. (1995). Vermindering van eutrofiëring polderwater. Landschap 12/6: 23-33.
- Hey, D.L., Kostel, J.A., Hurter, A.P., Kadlec, R.H. (2005) Nutrient farming and traditional removal: an economic comparison. Water Environment Research Foundation (WERF) 03-wsm-6co
- Huinink, J., Waard T. de (1997). Drainwater monitoringsproject Hoeksche Waard. Ede IKC-Landbouw.
- Kadlec, R.H. en Knight, R.L. (1996). Treatment Wetlands. - Lewis Publishers, Boca Raton.
- Klein, J.M.M. de., Aalderink, R.H. en Portielje, R. (2006). Impact of aquatic macrophytes and management strategies on nutrient retention, using the process-model Aqua-VENUS. IWA, 10th International Conference on Diffuse Pollution and Sustainable Basin Management, Istanbul, Turkey.
- Klein, J.J.M. de en Koelmans, A.A. (2006). Quantifying seasonal and annual retention of nutrients in lowland rivers at catchment scale. Submitted.
- Klieverik, M., Spruijt, J. en Hopster, G.K. (2005). Ondernemers aan het werk. Arbeid en kosten van agrarisch natuurbeheer op Natuur breed bedrijven. Eindrapport Natuur breed deel C (www.syscope.nl).
- Kwantitatieve Informatie Akkerbouw en Vollegrondsgroenteteelt (KWIN AGV 2006), PPO 354.
- Kwantitatieve Informatie Bloembollen (KWIN BB 2005-2006), PPO 719.
- Ligtvoet, W., Beugelink, G., Berg, R. van den, Braat, L., Cleij, P., Gaalen, F. van, Grinsven H. van, Janse, J., Kragt, F., Lammers, W., Kuijpers-Linde, M., Liere, K. van, Veen M. van, Willems, J., Witmer, M., Wortelboer, R., Zeijts, H. van, Rijswick, M. van en Driessen, P. (2006). Welke ruimte biedt de Kaderrichtlijn Water? Een quick scan. MNP-rapportnummer: 500072001

- Liikanen, A., Puustinen, M., Koskiaho, J., Vaisanen, T., Martikainen, P. en Hartikainen, H. 2004. Phosphorus removal in a wetland constructed on former arable land. - *Journal of Environmental Quality* 33: 1124-1132.
- Meer, R.W. van der, Schurink, W. (2001). Natuurvriendelijke oevers: naar een bloeiende toekomst of gaan we nat? Onderzoek naar de kosten van diverse natuurvriendelijke oevertypen. LEI rapport 4.01.07.
- Meinardi, C.R. en Eertwegh, G.A.P.H. van den (1997). Onderzoek aan drainwater in de kleigebieden van Nederland. Deel II: Interpretatie van gegevens. RIVM rapport 714801013.
- Mitsch, W. J., Cronk, J. K., Wu, X. Y., Nairn, R. W. en Hey, D. L. 1995. Phosphorus Retention in Constructed Fresh-Water Riparian Marshes. - *Ecological Applications* 5: 830-845.
- Nairn, R. W. en Mitsch, W.J. 2000. Phosphorus removal in created wetland ponds receiving river overflow. - *Ecological Engineering* 14: 107-126.
- Mol-Dijkstra, J.P., Akkermans, W., Roest, C.W.J., en Jansen, M.J.W. (1999). Metamodellen voor effecten van N- en P-belasting op de grondwater- en oppervlaktewaterkwaliteit. Technisch Document 61, Staring Centrum, Wageningen.
- Noij, G.J. (2003). Effectgerichte maatregelen oppervlaktewaterkwaliteit Reconstructiegebied Gelderse Vallei & Utrecht Oost. Alterra Briefrapport. 15 september 2003
- Nota Duurzame gewasbescherming tot 2010. Ministerie van LNV
- Omgevingsplan Flevoland. Provincie Flevoland.
- Paludan, C., Alexeyev, F.E., Drews, H., Fleischer, S., Fuglsang, A., Kindt, T., Kowalski, P., Moos, M., Radlowki, A., Stromfors, G., Westberg, V. en Wolter, K. (2002). Wetland management to reduce Baltic sea eutrophication. - *Water Science and Technology* 45: 87-94.
- Stowa 2001-09. Handboek zuiveringsmoerasen voor licht verontreinigd water.
- Stowa 2005-18. Waterharmonica
- Reinhardt, M., Gachter, R., Wehrli, B. en Muller, B. (2005). Phosphorus retention in small constructed wetlands treating agricultural drainage water. *Journal of Environmental Quality* 34:1251-1259
- Ridder, R.P. de (1996). Helofytenfilters. Integratie van oppervlaktewaterzuivering, natuur en andere functies van moerassen. LBL-Mededeling 206.
- Vreman, B.J.A.F (2005). Nutriëntenbelasting van grond- en oppervlaktewater bij vernatting van landbouwgronden. Afstudeerrapport Hogeschool Larenstein.
- Wedding, B. (2003). Ponds as purification systems. Sampling of nutrient reduction in new constructed ponds 1993-2002. (In Swedish.) Ekologgruppen-rapport. Landskrona, Sweden.
- Well, van E., Kloen, H. (2004). Natuurvriendelijk slootbeheer Eindrapportage. CLM Onderzoek en Advies BV, CLM 598-2004.
- Willems, W.J., Beusen, A.H.W, Renaud, L.V., Luesink, H.H., Conijn, J.G., Oosterom, H.P., Born, G.J. van der, Kroes, J.G., Groenendijk, P., Schoumans, O.F. (2005). Nutriëntenbelasting van bodem en water. Verkenning van de gevolgen van het nieuwe mestbeleid. MNP 500031003/2005.